

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE



AKUMULAČNÍ A RETENČNÍ NÁDRŽE V ČESKU

Accumulation and retention reservoirs in Czechia

bakalářská práce

PETRA LEIPELTOVÁ

Vedoucí práce: RNDr. Jan Kocum

Praha 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně na základě dostupných literárních zdrojů, které jsem řádně citovala. Svoluji k zapůjčení této práce ke studijním účelům.

V Praze 20.8. 2010

.....
Petra LEIPELTOVÁ

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Janu Kocumovi za odborné vedení práce, za přínosné informace a čas při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi poskytli cenné rady a měli důležité připomínky, na jejichž základě mohla tato práce vzniknout. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za poskytnuté zázemí a morální podporu.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se detailně věnuje problematice malých vodních nádrží, jejich rozdělení a funkcím. Je zde zmíněna jejich stručná historie, vodohospodářské i technické řešení. Součástí je i zhodnocení jejich vlivu a začlenění do životního prostředí. Ve druhé části práce je řešeno historické využití a potenciální obnova někdejších akumulčních nádrží na Šumavě, situované v povodí Vydry a používané v minulosti pro plavení dřeva. Nádrže dnes již nejsou funkční, ale jejich systém by mohl být efektivní součástí opatření v rámci integrované protipovodňové ochrany a eliminace hydrologického sucha. Geomorfologicky vhodný reliéf povodí Vydry, zdrojové oblasti formování extrémních odtokových situací, poskytuje rovněž optimální podmínky pro realizaci malých retenčních nádrží, které by v budoucnu ve spojení s dalšími opatřeními ke zvýšení retenčního potenciálu pramenných oblastí vodních toků dokázaly redukovat extrémní odtokové epizody.

Klíčová slova: malá vodní nádrž, akumulční nádrž, retenční nádrž, integrovaná protipovodňová ochrana, hydrologické sucho, povodí Vydry

ABSTRACT

This bachelor thesis is aimed in detail on small water reservoirs, on their distribution and function. Brief history of reservoirs is mentioned as well as their water management and technical solution. The part of the thesis is represented by the assessment of their influence and integration within an environment. In the second part, historical use and potential renovation of former accumulation reservoirs in Šumava Mts., situated in Vydra River basin and used for wood floating in the past, is solved. These water bodies are no more in function but their system could be an effective part of measures within an integrated flood protection and hydrological drought elimination. Geomorphologically suitable relief of Vydra River basin, source area of extreme runoff situations formation, also provides optimum conditions for realization of small retention reservoirs that could, in connection with other measures for headstream areas retention potential enhancement, reduce extreme runoff episodes in future.

Keywords: small water reservoir, accumulation reservoir, retention reservoir, integrated flood protection, hydrological drought, Vydra River basin

OBSAH

1 ÚVOD	7
1.1 Úvod do problematiky malých vodních nádrží.....	7
1.2 Cíle a struktura práce.....	9
2 MALÉ VODNÍ NÁDRŽE NA ÚZEMÍ ČESKA	10
2.1 Definice malých vodních nádrží.....	10
2.2 Historie malých vodních nádrží	10
2.3 Rozdělení a funkce malých vodních nádrží	13
2.3.1 Rozdělení MVN podle funkce	13
2.3.2 Rozdělení MVN podle způsobu zásobení vodou.....	18
2.3.3 Rozdělení MVN podle umístění	19
2.4 Vertikální členění nádrže	19
2.5 Vodohospodářské řešení nádrže	21
2.5.1 Charakteristiky nádrže	21
2.5.2 Ztráta vody v nádrži	22
2.5.3 Manipulační a provozní řády	24
2.6 Technické řešení nádrže.....	25
2.6.1 Hráz	25
2.6.2 Objekty na MVN	27
2.6.3 Úprava koryta, nádrže, břehů a okolí.....	30
2.7 Stav malých vodních nádrží.....	30
2.8 Návrh a implementace nádrže v krajině	32
2.8.1 Podklady pro návrh nádrže.....	33
2.8.2 Začlenění nádrže do životního prostředí.....	35
2.9 Revitalizace malých vodních nádrží	36
3 AKUMULAČNÍ A RETENČNÍ NÁDRŽE V PRAMENNÉ OBLASTI VYDRY	37
3.1 Vymezení zájmového území.....	37
3.2 Fyzicko-geografická charakteristika území.....	39
3.2.1 Geologické a geomorfologické poměry.....	39

3.2.2 Klimatické podmínky.....	44
3.2.3 Hydrologické poměry	46
3.2.4 Pedologické a biogeografické poměry	48
3.2.5 Ochrana přírody a krajiny	49
3.3 Materiál a metody	50
3.4 Někdejší retenční nádrže (klauzy).....	51
3.4.1 Historické využití	53
3.4.2 Potenciální obnova.....	55
3.4.2.1 Případová studie Rokytecké nádrže	59
4 DISKUZE A ZÁVĚR.....	62
5 SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ	65
5.1 Seznam literatury	65
5.2 Seznam použitých zdrojů	68
6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	71
6.1 Seznam obrázků	71
6.2 Seznam tabulek	72
7 PŘÍLOHY	73

1 ÚVOD

1.1 Úvod do problematiky malých vodních nádrží

Změny probíhající v posledních letech v hydrologickém režimu vodních toků ve světě i na území České republiky jsou do jisté míry způsobeny tolik diskutovanou klimatickou změnou. V souvislosti s výskytem hydrologických extrémů, ať již jde o katastrofální povodně či extrémně suchá období, je klíčové zabývat se detailně analýzami potřebnými pro pochopení a objasnění procesu formování odtoku v konkrétních podmínkách jednotlivých popisovaných povodí. Zvyšující se frekvence „bleskových povodní“ a extrémně suchých období v posledních letech má za následek naléhavou potřebu řešení širokého komplexu otázek protipovodňové ochrany a opatření pro zvýšení vodnosti v periodách sucha. Vyrovnávání odtoku lze docílit využitím rozmanitých postupů realizovaných v úseku toku či jeho povodí (Janský a Kocum, 2008, Kocum a Janský, 2009). Realizace malých vodních nádrží, resp. akumulačních či retenčních nádrží, na území Česka jakožto vhodných doplňků klasických hydrotechnických objektů je jednou z možností řešení této komplexní problematiky. Tyto vodní objekty rovněž mohou působit jako součást revitalizace krajiny.

Očekávané důsledky fenoménu klimatických změn byly v evropských státech impulsem ke zpracování řady koncepčních dokumentů, které musí analyzovat příčiny i průběh povodní či hydrologicky suchých period a navrhnout systémová opatření ke zlepšení úrovně povodňové ochrany a ochrany před nedostatkem vody. Prakticky stejný vývoj je možné sledovat i v České republice. Strategie ochrany před povodněmi na našem území, vydaná vládním usnesením č. 382 po ničivé povodni v roce 1997, již jasně hovoří o nutnosti zavedení opatření v krajině, která zvyšují přirozenou akumulaci a retardaci vody v území. Součástí těchto opatření by mělo být postupné zvyšování retenční kapacity pramenných oblastí vodních toků. Strategie se přímo zmiňuje i o využití nádrží s akumulačním a retenčním účinkem (Kocum, 2010, Čurda, 2009).

Řešení aktuálních otázek zvyšování extremity hydro-klimatických jevů souvisejících s klimatickými změnami v posledních letech vyžaduje komplexní přístup

k této tématice a přesnou kvantifikaci retenční schopnosti zdejší krajiny. Kvantifikace retenčního potenciálu je nutným předpokladem k praktickému využití získaných poznatků a je třeba na ni pohlížet z různých úhlů pohledu. Výsledky práce by měly být do budoucna využity při realizaci konkrétních efektivních opatření protipovodňové ochrany a postupů k retenci vody v suchých periodách, a to ve spolupráci se všemi v konkrétních povodích zainteresovanými institucemi (Kocum, 2010).

Přirozený odtokový proces je přitom ovlivňován člověkem již u samého jeho zrodu, tedy v pramenných oblastech toků. Jedná se především o hospodaření na zemědělské a lesní půdě, které může zásadním způsobem modifikovat mechanismus odtoku vody z krajiny. Jednou ze zdrojových oblastí formování extrémních odtokových situací je pramenná oblast Otavy. Zhodnocení antropogenního ovlivnění hydrologického režimu v tomto území a navržení možností a opatření ke zvýšení retence vody v krajině jedním z důležitých úkolů současných projektů probíhajících na Katedře fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (dále jen KFGG PŘF UK). Pro zvýšení retenčního potenciálu pramenných oblastí českých toků je třeba rovněž uvážit možnou obnovu někdejších akumulčních nádrží využívaných v minulosti pro plavení dřeva a využití dalších přirozených retenčních prostorů díky zdejšímu vhodnému reliéfu. Systém těchto malých retenčních nádrží (podobných suchým poldrům s dočasným zadržením vody) by mohl fungovat jako alternativa a doplněk větších vodních nádrží. Moderní přístroje a metody jsou schopny zhodnotit efektivnost takového systému. Území Česka poskytuje velké množství vhodných lokalit pro realizaci malých vodních nádrží. Implementace těchto nenásilných opatření realizovaných nejen v pramenných oblastech by mohla v budoucnu přispívat k redukci kulminačních průtoků během povodňových událostí a k zadržení dostatečného množství vody pro eventuální suché epizody (Kocum a Janský, 2009).

Předložená bakalářská práce je součástí široce pojatých projektů KFGG PŘF UK v Praze, zaměřujících se na zhodnocení retenčního potenciálu krajiny a možnou realizaci četných postupů souvisejících se zpomalováním odtoku a zvyšováním retence vody ve zdrojových oblastech toků. Vznikla za finanční podpory projektu Specifického vysokoškolského výzkumu 2010- 261 201 a projektu GA UK 2371/2007 „Retence vody v pramenných oblastech řek jako nástroj integrované protipovodňové ochrany a řešení problému sucha“. Zároveň práce spadá i do výzkumného záměru Geografické sekce

1.2 Cíle a struktura práce

Hlavním cílem předložené práce je podrobná literární rešerše o definici, rozdělení a historickém a potenciálním využití malých vodních nádrží na území Česka se zaměřením na akumulční a retenční nádrže v pramenné oblasti Otavy. Dílčí cíle byly definovány následovně:

- podrobná literární rešerše problematiky malých vodních nádrží: definice, historie, rozdělení, funkce a technické řešení malých vodních nádrží na území Česka; současný stav, revitalizace a implementace malých vodních nádrží v krajině
- detailní analýza a zpracování dostupných historických mapových podkladů a pramenů týkajících se akumulčních a retenčních nádrží v pramenné oblasti Otavy
- zhodnocení možné obnovy a využití akumulčních a retenčních nádrží v rámci integrované protipovodňové ochrany a řešení problému hydrologického sucha, určení specifík zájmové oblasti výskytu z hlediska efektivity jejich potenciálního využití

Malé vodní nádrže se těší vzhledem ke své komplexnosti vysokému zájmu v rámci tuzemské i zahraniční odborné literatury. V první části práce lze nalézt definice základních pojmů a obecně platné zákonitosti týkající se malých vodních nádrží na území Česka. Podstatná část je věnována potenciálním možnostem obnovy někdejších akumulčních a retenčních nádrží v konkrétním zájmovém povodí Vydry.

2 MALÉ VODNÍ NÁDRŽE NA ÚZEMÍ ČESKA

2.1 Definice malých vodních nádrží

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže vymezuje pojem malá vodní nádrž jako nádrž, která splňuje tyto předpoklady:

- a) maximální objem po hladinu ovladatelného prostoru není větší než 2 mil. m³
- b) největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m
- c) stoletý průtok Q_{100} není větší než 60 m³/s nebo u nádrží s uměle vytvořeným přítokem nepřesahuje tuto hodnotu součet Q_{100} z vlastního povodí a Q_{100} z kapacity přivaděče

Uvedená norma platí pro výstavbu nových a rekonstrukci stávajících malých vodních nádrží (dále jen MVN). Je doporučena i pro rekonstrukci historických rybníků, které překračují uvedené podmínky. Pro nádrže s objemem menším než 5 tis. m³ je možné přizpůsobit některá kritéria místním podmínkám.

MVN byly v minulosti budovány převážně pro chov ryb, v horských oblastech pro plavení dříví. Dnes pozitivně zlepšují ekologickou stabilitu krajiny. Významně přispívají ke zlepšení kvality vody v povodí, mají velký význam v oblastech s řídkou hydrografickou sítí jako zdroj vody, regulují průtok vody, značně ovlivňují životní prostředí v nejbližším okolí. MVN klimaticky a esteticky ztvárňují krajinu a to jak ve volné přírodě v podobě např. rybníků nebo mokřadů, tak v městské krajině v podobě např. okrasných jezírek zpestřených uměleckými díly (Beran a Vrána, 1998).

2.2 Historie malých vodních nádrží

První zmínky o budování umělých vodních nádrží na našem území pochází z 8.-9. století. Jednalo se především o rybníky určené k zadržení vody a chovu ryb. Již Slované měli velké zkušenosti s odvodňováním močálů a budováním rybníků. Tehdy se tyto nádrže nazývali stavy. Jejich hráze sloužily jako cesty skrz neprostupné bažiny. První písemná zpráva se nachází v Kladrubske listině z roku 1115. Ve 2. polovině 14. století za vlády Karla IV. zaznamenala výstavba rybníků velký rozmach. Zatápěly se

močály a blata, což přispělo k oživení krajiny. Rostoucí chov ryb v těchto nádržích napomohl k rozvoji obchodu. Celková plocha nádrží v té době se odhaduje na 75 000 ha. V období husitských válek v 15. století zaznamenal vývoj mírný útlum. Koncem 15. století se vlády v jižních Čechách ujali Rožmberkové, kteří projevíli zájem o rybníkářství a začali vytvářet rozsáhlé rybníční soustavy. Především zásluhou Štěpánka Netolického vznikla v 16. století ucelená rybníční soustava na Třeboňsku (viz obr. 2), z rybníků lze jmenovat Opatovický, Horusický, Žabov. Dále založil Zlatou stoku, která dodnes napájí



Obr. 1: Nová řeka (foto: David Šilar)

mnoho rybníků. Tuto spojnici prodloužil významný budovatel Jakub Krčín z Jelčan. Prováděl rozsáhlé meliorace, rozšiřoval stávající rybníky a stavěl nové, např. Nevděk (dnešní Svět), Dvořiště a náš největší rybník Rožmberk. Pro jeho ochranu vybudoval Novou řeku (obr. 1), která spojuje Nežárku s Lužnicí. Současně se zakládaly rybníky na Moravě v oblasti Lednicka a Mikulovska, a také ve východních Čechách na Pardubicku. Nejznámějším budovatelem v těchto oblastech byl Vilém z Pernštejna. Jeho zásluhou vznikl např. rybník Nesyt, nebo

Opatovický kanál spojující pardubické rybníky s Labem. Dále vznikaly rybníky na Jindřichohradecku, Blatensku, Chlumecku, Lnářsku. První údolní přehradu, která nesloužila k chovu ryb, ale především k zachycení povodní, vybudoval Mikuláš Ruthard z Malešova v jižních Čechách – Staňkovský rybník. Koncem 16. století byla plocha nádrží a rybníků odhadem 180 000 ha. V období třicetileté války bylo však mnoho rybníků zničeno a došlo ke stagnaci výstavby. Rybníky byly zaváženy nebo vysušovány a na jejich místě vznikala pole. Koncem 18. století se plocha nádrží zmenšila na 79 000 ha, v polovině 19. století nepřesahovala 50 000 ha. Na přelomu 19. a 20. století byla provedena rekonstrukce největších jihočeských rybníků zásluhou rybníkáře Josefa Šusty (Beran a Vrána, 1998).

V současné době nově navrhované či obnovené vodní nádrže plní spíše funkce účelové a krajinyotvorné. Informace ze Směrného vodohospodářského plánu ČSSR uvádí, že k roku 1970 bylo na území ČR 23 400 malých nádrží s objemem 486 m³ a s plochou 51 800 ha. K roku 1995 jsou uvedena v Generelu rybníků a nádrží České republiky tyto údaje: počet nádrží je 20 000 - 22 000, rozloha přes 50 000 ha , objem okolo 420 m³. Porovnáním dat z let 1970 a 1995 je patrné, že výstavba nádrží stagnovala. Dnes se na území ČR odhaduje zhruba 21 000 rybníků a nádrží o celkové ploše 49 000 ha (Beran a Vrána, 1998).



Obr. 2: Třeboňská rybníční pánev (zdroj: Šálek, Mika, Tresová, 1989)

Tab. 1: Největší MVN na území Česka (zdroj: Šálek, Mika, Tresová, 1989)

Jméno nádrže	Okres	Povodí	Plocha (km ²)	
			vodní	katastrální
Rožmberk	Třeboň	Lužnice	4,89	7,22
Bezdrev	Hluboká n. V.	Vltava	5,06	5,23
Horusický	Veseli	Lužnice	4,16	4,39
Dvořiště	Lišov	Lužnice	3,37	4,00
Velký Tisý	Lomnice	Lužnice	3,42	3,68
Staňkovský	Třeboň	Lužnice	3,30	3,49
Záblatský	Lomnice	Lužnice	3,05	3,38
Nesyt	Břeclav	Dyje	-	3,30
Máchovo jez.	Dubá	Ploučnice	2,59	2,95
Žehuňský	Král. Městec	Cidlina	-	2,89
Dehtář	Č. Budějovice	Vltava	2,35	2,61
Holenský	Jindř. Hradec	Nežárka	-	2,36
Svět	Třeboň	Lužnice	2,01	2,17
Velké Dářko	Přibyslav	Sázava	-	2,07
Koclířov	Lomnice	Lužnice	1,92	2,04

2.3 Rozdělení a funkce malých vodních nádrží

Podle ČSN 75 2410 se MVN dělí na základě různých hledisek: podle funkčnosti (účelu), podle způsobu zásobení vodou, podle umístění.

2.3.1 Rozdělení MVN podle funkce

Toto rozdělení je bráno jako nejpoužívanější. V praxi se v podstatě setkáváme jen s nádržemi, které jsou víceúčelové, tzn. že nádrže slouží k více účelům, přičemž jeden z nich je považován za prioritní. Podle převládajícího účelu se nádrže dělí na:

- zásobní nádrže
- ochranné nádrže
- nádrže upravující vlastnosti vody
- rybochovné nádrže
- hospodářské nádrže
- provozní nádrže
- asanační nádrže
- krajinotvorné a urbanistické nádrže
- rekreační nádrže
- nádrže na ochranu bioty

a) zásobní (akumulační) nádrže

Tyto nádrže akumulují vodu v období jejího nadbytku a ta je pak v období jejího



Obr. 3: Akumulační nádrž
(zdroj: www.priroda.cz)

nedostatku postupně vypouštěna. Nádrže se umísťují především v údolních lokalitách se sklonitými svahy a také v blízkosti místa využití vody. Hráze a břehy jsou zpevněny, aby nedocházelo k velké vodní abrazi. Do této skupiny patří nádrže vodárenské, průmyslové, závlahové, energetické, kompenzační, zálohové, retardační a aktivizační.

vodárenské nádrže - používají se jako zásoba vody pro obyvatelstvo v místech s nedostatkem vody. Výběr lokality je závislý na zemědělských a lesních plochách. Důležitou roli hraje také kvalita vody. Kolem nádrže jsou ochranná pásma, která zajišťují ochranu před znečištěním.

průmyslové nádrže - využívají pitnou i užitkovou vodu pro průmyslové účely

závlahové nádrže - jsou určeny především pro závlahu zemědělských plodin a lesních produktů. Druhotně mohou sloužit i pro zmírnění povodňových průtoků, chov ryb, rekreaci, a pod.

energetické nádrže - slouží jako zdroj vody pro malé vodní elektrárny (Šálek, 1996).

b) ochranné (retenční) nádrže

Hlavním úkolem těchto nádrží je zachytit a přetransformovat povodňovou vlnu v období zvýšeného množství srážek, a chránit tak území a objekty před zaplavením. Do skupiny těchto nádrží se řadí nádrže suché retenční, retenční s malým zásobním prostorem, protierozní, dešťové, vsakovací, nárazové.

suché retenční nádrže - tzv. poldry jsou takové nádrže, jejichž prostor je vyhrazen ke krátkodobému zadržení povodňových průtoků a následnému postupnému vypouštění vody. Poldr nemá prostor stálého nadržení vody a jeho retenční objem je 100 %. Po odeznění povodně může být suché dno nádrže využíváno k hospodářským účelům, např. jako louka nebo pastvina. Z ekologického hlediska se preferují poldry



víceúčelové, tzv. ekologické poldry, které mají prostor částečného nadržení vody a nezatěžují tak krajinu.

*Obr. 4: Retenční nádrž a suchý poldr Lubník
(zdroj: www.eagri.cz)*

retenční nádrže s malým zásobním prostorem - jsou nádrže, které slouží k zachycení části nebo celé povodňové vlny v ovladatelném resp. neovladatelném prostoru nádrže. Pro návrh takovéto nádrže je nutná znalost maximálních povodňových průtoků.

protierozní nádrže - plní především protierozní funkce, dále zachycují splaveniny, regulují průtok vody, zlepšují kvalitu vody. Část vody se infiltruje do podzemních vod, takovéto nádrže jsou nazývány vsakovací protierozní nádrže.

dešťové nádrže – se v ČR využívají v malém rozsahu. Slouží k zachycení a akumulaci vod ze srážek. O způsobu využití dešťové vody rozhoduje kvalita a množství srážek (Šálek, 1996).

c) nádrže upravující vlastnosti vod

Jsou určeny k řízené změně fyzikálních, biologických a chemických vlastností vody především přírodními způsoby. Sem lze zařadit předeřívací nádrže využívající sluneční energii k ohřevu, chladicí nádrže určené k ochlazování vod z průmyslových a energetických zařízení, usazovací nádrže, které zachycují splaveniny sedimentací a



*Obr. 5: Biologický rybník
(www.geocaching.cz)*

následně jsou odstraněny (Farrara a kol., 1981). Dále sem patří aerobní a anaerobní biologické nádrže, u kterých dochází k samočištění odpadních vod. Dále dočišťovací biologické nádrže určené k dočištění čištěných odpadních vod (Šálek, 1996).

d) rybochovné nádrže

Označované jako rybníky jsou nádrže, které vytváří optimální prostředí pro chov ryb. Do této skupiny patří mj. také sádky sloužící k přechodnému přechování ryb před výlovem, a pak karanténny nádrže sloužící k odchovu ryb ze zahraničí (Šálek, 1996).

e) hospodářské nádrže



Jsou speciální nádrže určené k plnění konkrétních funkcí. Jedná se například o požární nádrže, nádrže k chovu vodní drůbeže (zejména kachny a husy), dále napájecí nádrže sloužící jako zdroj vody pro hospodářská zvířata, nádrže pro pěstování plovoucích rostlin (Šálek, 1996).

*Obr. 6: Nádrž k odchovu drůbeže
(foto: Pavel Vachta)*

f) provozní nádrže

Nádrže jsou určené pro provoz různých zařízení. Patří sem recirkulační nádrže, které umožňují recirkulaci vody v rámci průmyslového podniku, vyrovnávací nádrže sloužící ke krátkodobému vyrovnání vody mezi přítokem a odtokem, dále přečerpávací nebo rozdělovací nádrže, nádrže splavovací (tzv. klauzy) sloužící k nadlepšení průtoku při splavování dřeva (Šálek, 1996).

g) asanační nádrže



Obr. 7: Asanační nádrž (foto: Tomáš Beno)

Slouží k asanaci zaplaveného území, území narušeného lidskou činností nebo k zachycení a uskladnění látek poškozujících životní prostředí. Sem patří nádrže záchytné, skladovací a odkaliště, které slouží k bezpečnému uskladnění škodlivého materiálu a jeho následnému zneškodnění. Dále laguny sloužící k úpravě vlastností tekutých materiálů např. odvodněním, vyhnitím (Šálek, 1996).



Obr. 8: Odkaliště (zdroj: www.geosan.cz)

h) krajinotvorné a urbanistické nádrže



*Obr. 9: Okrasné jezírko
(foto: Vladimír Dufek)*

Nádrže zlepšují ekologickou funkci a estetický účinek přírodní a městské krajiny. Do skupiny patří návesní rybníčky a okrasné nádrže. Jejich funkce je víceúčelová, např. protipožární ochrana, estetický ráz krajiny. Dále sem patří hydromeliorační nádrže a umělé mokřady, které ovlivňují mikroklima kolem nádrže a ovlivňují tak růst vegetace (Šálek, 1996).

i) rekreační nádrže

Tyto nádrže jsou určeny k rekreaci a provádění vodních sportů obyvatelstva. Při hodnocení předpokladů k rekreaci je nutné brát v potaz geografickou polohu, klimatické podmínky, závadnost či nezávadnost vody, upravenost okolí, možnosti přístupu (Šálek, 1996).

j) nádrže na ochranu bioty

Slouží pro zajištění optimálních podmínek pro život chráněných rostlin a živočichů (Šálek, 1996).



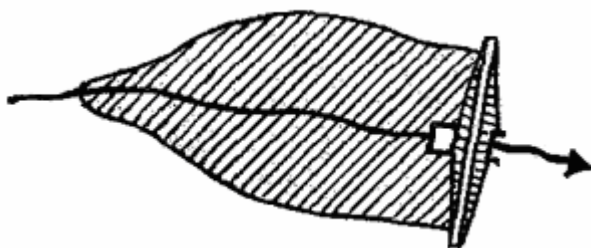
Obr. 10: Nádrž na ochranu bioty (foto: Tomáš Beno)

2.3.2 Rozdělení MVN podle způsobu zásobení vodou

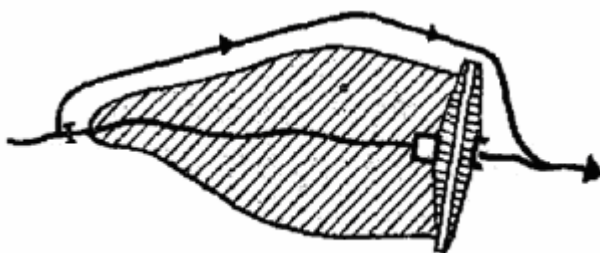
a) dešťové (nebeské) nádrže – nemají stálý průtok vody, jsou závislé na dešťových či sněhových srážkách. Jejich funkce je především závlahová a zásobní. Zmírňují erozně škodlivé odtoky. Objem vody je rozkolísaný.

b) pramenné nádrže – hlavním zdrojem vody je voda podzemní vyvěrající na dně nádrže. Jelikož zde dochází k velkému provzdušnění, jsou tyto nádrže vhodné pro chov ryb.

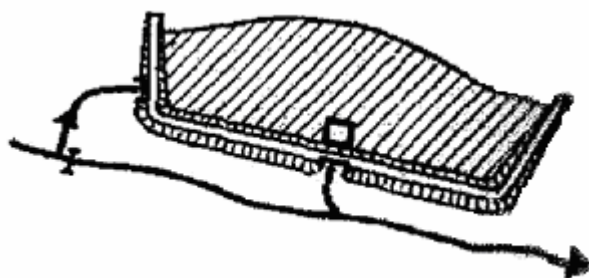
c) říční (potoční) nádrže – jsou zásobeny vodou z řek a potoků. Jejich vodní režim je vyrovnaný. Podle způsobu přivádění vody tyto nádrže dělíme na průtočné a neprůtočné. Průtočné nádrže (obr. 11) leží přímo na vodním toku, přítok je neregulovatelný a značně se zanáší splaveninami. Neprůtočné nádrže lze dále rozdělit na obtokové (obr. 12) a , boční (obr. 13). Mají regulovatelný průtok, voda je přiváděna náhonem (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980).



Obr. 11: Průtočná nádrž (zdroj: Beran a Vrána, 1998)



Obr. 12: Neprůtočná nádrž obtoková (zdroj: Beran a Vrána, 1998)



Obr. 13: Neprůtočná nádrž boční (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

2.3.3 Rozdělení MVN podle umístění

a) návesní nádrže – plochy menších hloubek a rozměrů. Mohou to být nádrže rybochovné, zásobní, požární, ochranné.

b) polní – nádrže v údolích mezi poli. Sem můžeme zařadit nádrže rybochovné, ochranné, závlahové, hospodářské.

c) luční – nádrže mezi loukami

d) lesní – nádrže v lesích (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980)

2.4 Vertikální členění nádrže

Každá nádrž má nádržný prostor, který je vymezen dnem, břehy, hrází a hladinou maximálního vzduť vody. Tento prostor se vertikálně dělí na prostor půdní, stálý, zásobní, ochranný (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980).

a) **půdní prostor** – jeho mocnost záleží na hloubce propustných vrstev pod nádrží

- b) **prostor stálý (mrtvý)** – leží mezi dnem a nejnižší provozně přístupnou hladinou (hladina stálého prostoru). K jeho vypuštění dochází jen výjimečně.
- c) **prostor zásobní (akumulační)** – nachází se mezi prostorem stálým a ochranným. Je omezen nejvyšší provozně přístupnou hladinou (hladina zásobního prostoru). Tato část nádrže slouží jako hlavní zásoba vody. Podkladem pro řešení zásobního prostoru jsou řady průměrných měsíčních průtoků. Pro určení velikosti zásobního prostoru nádrže je nutné znát účel a funkci nádrže. Řešení prostoru má 3 části: výpočet přítoků, výpočet ztrát a odtoků a celkovou vodní bilanci (Vrána, 2002).

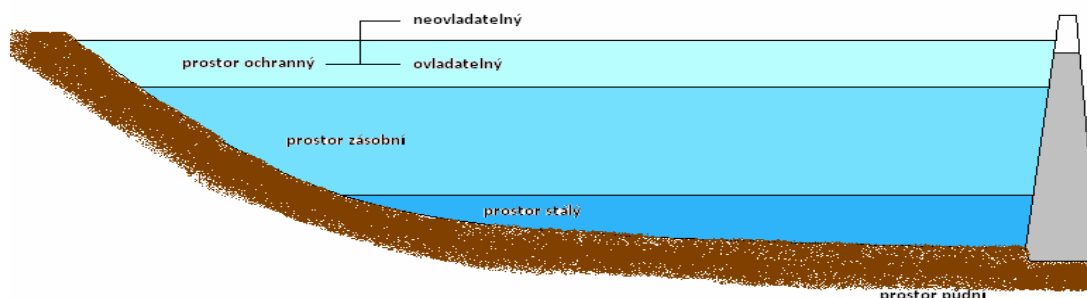
$$\text{balance} = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_{in} = \text{přítok} + \text{srážky}$$

$$Q_{out} = \text{odtok} + \text{výpar} + \text{odběr} + \text{průsak}$$

Pro výpočet je nutné znát odtok, průtok, výpar z vodní hladiny, ztráta průsakem dnem nádrže a možný odběr vody.

- d) **prostor ochranný (retenční)** - je nad zásobním prostorem a je omezen nejvyšší (maximální) hladinou. Slouží k zachycení a zmírnění povodňové vlny. Lze ho rozdělit na ovladatelný prostor (pod korunou přelivu) a na prostor neovladatelný (nad korunou přelivu). Podkladem pro řešení retenčního prostoru je stoletý průtok, objem a průtok návrhové povodňové vlny, kapacita bezpečnostního přelivu, batygrafická křivka. Velikost retenčního prostoru určují návrhová povodňová vlna, maximální výška hladiny, kapacita bezpečnostního přelivu a nejvyšší přípustný průtok pod nádrží.



Obr. 14: Vertikální profil nádrže (zdroj: Šálek, 1996, upraveno)

Podle způsobu vytvoření nádržného prostoru můžeme nádrže rozdělit na (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980):

- a) **zahloubené** – prostor nádrže leží pod úrovní okolního terénu
- b) **hrázové** – prostor je z části nebo zcela přehrazen hrází
- c) **údolní** – nádrž je v údolí a prostor je přehrazen čelní hrází
- d) **kombinované** – prostor nádrže leží z části pod úrovní terénu, a z části je přehrazen

2.5 Vodohospodářské řešení nádrže

Dle normy ČSN 73 6815 je vodohospodářské řešení vodních nádrží soubor výpočtů a grafických řešení, které musí být kontrolovatelné. Náplň a podrobnosti se volí podle účelu nádrže. Mezi hlavní úkoly vodohospodářského řešení patří stanovení objemů akumulčního a retenčního prostoru, určení optimálního využití nádrže, stanovení kapacity přelivů a výpustí, určení způsobu manipulace s obsahem nádrže, vyhodnocení vlivu na vodní tok pod nádrží. Jako podklad řešení nádrže slouží účel nádrže, odtokový a hladinový režim, manipulační řady ostatních děl na toku, výsledky inženýrsko-geologického průzkumu (zejména podloží hráze) a charakteristiky nádrže. Samotné vodohospodářské řešení nádrže slouží jako podklad pro zpracování vodohospodářských plánů (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980).

2.5.1 Charakteristiky nádrže

Charakteristiku každé nádrže vyjadřují batygrafické křivky, což jsou dvě čáry vystihující tvar a velikost nádrže:

$S = f(h)$ – závislost zatopené vody na hloubce nadržení vody

$V = f(h)$ – závislost objemu vody na hloubce

Průběh křivek je určen z vrstevnic nádrže, které jsou v měřítku větším než 1:2 000 a jsou vzdálené 0,5 m, výjimečně 1 m. Ze změřených ploch odpovídajících

vrstevnicím lze vypočítat objem vody mezi jednotlivými vrstevnicemi. Matematicky je objem vyjádřen pomocí vztahu:

$$V_i = S_s \cdot \Delta h \quad [\text{m}^3]$$

$$S_s = 0,5 \cdot (S_i + S_{i+1}) \quad [\text{m}^2]$$

kde V_i - objem vody mezi dvěma vrstevnicemi

S_s - průměrná plocha hladiny mezi vrstevnicemi

$S_i + S_{i+1}$ - plochy omezené vrstevnicemi i a $i + 1$

Δh - výškový rozdíl mezi dvěma vrstevnicemi

Postupným přičítáním objemů se zjistí požadovaný objem nádrže. Zanesením údajů do grafu se vykreslí batygrafické křivky (Vrána, 2002). Batygrafické křivky se též nazývají volumetrické křivky, tento výraz je běžně používán odborníky na KFGG PŘF UK.

příloha 1: Příklady batygrafických křivek (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

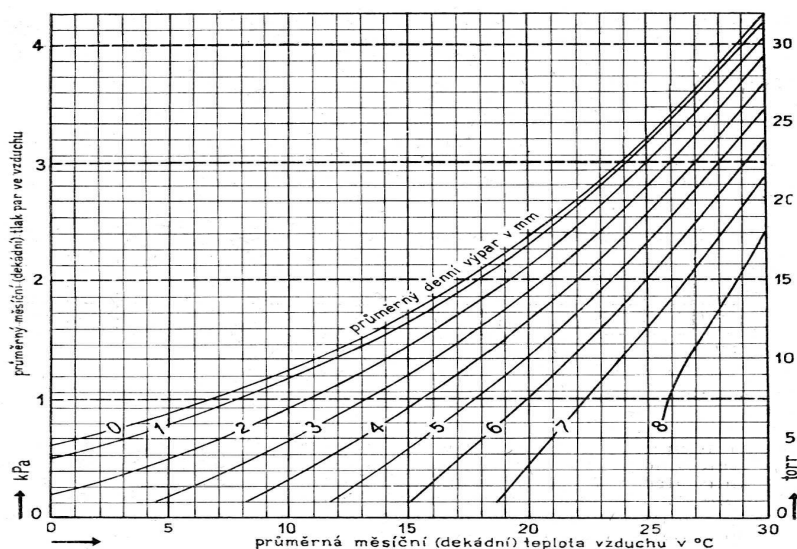
2.5.2 Ztráta vody v nádrži

Mezi vodohospodářské řešení nádrže samozřejmě patří ztráta vody. Ztráta může být způsobena výparem z vodní hladiny, transpirací vodních rostlin, vsakem vody do dna a infiltrací dnem nádrže, průsakem hrází a jejím podložím, netěsností objektů, případně zámrzem vodní plochy (Beran a Vrána, 1998).

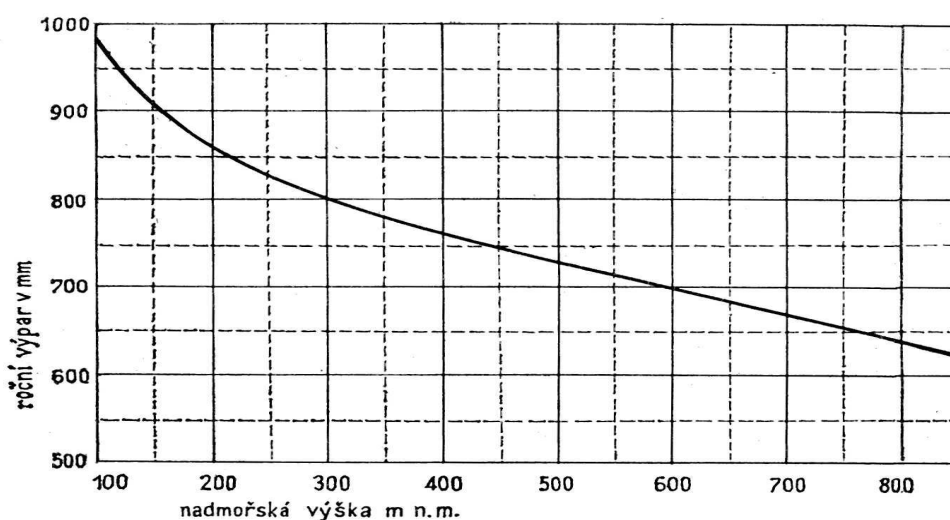
- a) **ztráta výparem vodní hladiny** – ztrátu je možné určit z nomogramu, který vyjadřuje závislost průměrných měsíčních hodnot tlaku vodních par a průměrných měsíčních hodnot teploty vzduchu. Celková ztráta se pak určí jako součet ztrát za jednotlivá období. Hodnoty tlaku a teploty se zjistí v nejbližší meteorologické stanici (Beran a Vrána, 1998).

Tab. 2: Hodnoty výparu za jednotlivé měsíce (zdroj: Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980)

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
roční výpar v %	2	2	4	6	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3



Obr. 15: Nomogram (zdroj: Vrána, 2002)



Obr. 16: Průměrný roční výpar pro ČR (zdroj: Vrána, 2002)

- b) **ztráta transpirací rostlin** – závisí na poměru zarostlé plochy k volné hladině a na růstové fázi vegetace. V době maximálního růstu vodních rostlin je ztráta 3,5 - 5x vyšší než ztráta výparem. Hodnotu lze určit přenásobením výparu z volné hladiny opravným součinitelem dle tabulky (Beran a Vrána, 1998)

Tab. 3: Opravný součinitel (zdroj: Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980)

podíl zarostlé plochy v %	10	30	50	75
opravný součinitel	1,03	1,08	1,14	1,22

- c) **ztráta vsakem a infiltrací dna** – takováto ztráta vzniká při prvním napuštění nádrže. A dále pak při každém dalším možném napuštění. Je závislá na rozloze nádrže, morfologii dna, hloubce půdního profilu dna, na materiálu a pórovitosti podloží (Beran a Vrána, 1998)

Tab. 4: Pórovitost pro jednotlivé půdní druhy (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

Druh půdy	Kapilární výška v m	Pórovitost P v %
Písek	0,03 – 0,10	25 – 30
Jemný písek	0,10 – 0,50	29 – 30
Hlinitý písek	0,50 – 2,00	31 – 33
Sprašová hlína	2,00 – 5,00	35 – 39
Hlína	5,00 – 10,0	36 – 40
Jílovitá hlína	10,0 – 50,0	40 – 48
Jíl	> 50,0	46 - 55

- d) **ztráta průsakem hráze a jejím podložím** – je dána homogenitou, resp. nehomogenitou hráze a hloubce uložení nepropustného podloží (Beran a Vrána, 1998)
- e) **ztráty netěsností objektů** – projeví se u všech vypustných a odběrných zařízení, které mají špatné těsnění (Beran a Vrána, 1998)

2.5.3 Manipulační a provozní řády

Manipulační řád je soubor předpisů, zásad a směrnic, které určují jak manipulovat s vodou ve vodním díle a okolí. Stanovuje, jak nejlépe využívat vodu podle důležitosti společenských a hospodářských zájmů. Manipulační řád musí obsahovat veškeré údaje o díle, včetně umístění a majitele, stručná data o průběhu stavby,

měřeních a zkouškách, dále požadavky na hospodaření s vodou. Musí být schválen vodohospodářským orgánem nejméně měsíc před prvním napuštěním.

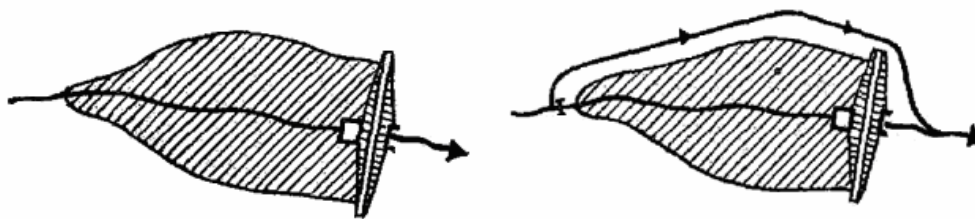
Provozní řád je souhrn předpisů a pokynů pro provoz a údržbu všech zařízení na nádrži. Obsahuje provozní předpisy jednotlivých zařízení, pokyny a návody pro provádění kontroly, zákazy platné na vodním díle, aj. Provozní řád se zpracovává jako samostatný dokument. Musí být zpracován minimálně 6 měsíců před prvním napuštěním (Beran a Vrána, 1998).

2.6 Technické řešení nádrže

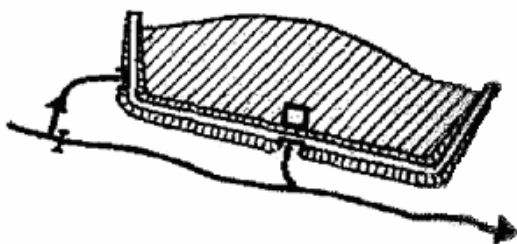
Technické řešení MVN zahrnuje návrh hráze, funkčních objektů (výpustná zařízení, bezpečnostní přelivy, odběrná zařízení, sdružené funkční objekty, speciální objekty), úprav v prostoru a okolí nádrže, úprav vodního toku v nádrži a pod nádrží. Stavební konstrukce a zařízení na nádrži by měly být jednoduché, snadno obsluhovatelné s dlouhou životností. Použitý materiál by měl být nejlépe ze zdrojů v okolí (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980).

2.6.1 Hráz

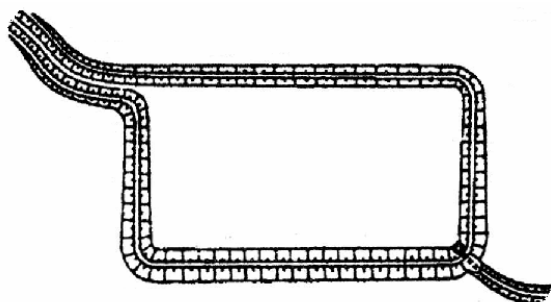
Základním stavebním prvkem nádrže je hráz. Je nejdůležitější, nejdražší a nejnáročnější součástí nádrže. Podle tvaru údolí a účelu nádrže dělíme hráze na čelní, boční, obvodové a dělící. Čelní hráz (obr. 17) je nejméně nákladná, ale nevýhodou je nutnost průchodu veškerého průtoku. Při zvýšených průtocích voda obsahuje velké množství plavenin a splavenin, které se v nádrži usazují a snižují tak objem zásobního prostoru nádrže. Boční hráze (obr. 18) se staví zásadně u nádrží neprůtočných, a to z jedné, dvou nebo tří stran. Pokud je hráz podél celé nádrže, nazývá se obvodová (obr. 19). Nevýhodou těchto hrází je velká spotřeba materiálu, vyšší nákladnost. Naopak výhodou je možnost regulovat transport materiálu. Dělící hráze rozdělují nádrž na menší části, např. rybník Rožmberk je hrází oddělen od menšího rybníka Vítek (Beran a Vrána, 1998).



Obr. 17: Hráze čelní (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

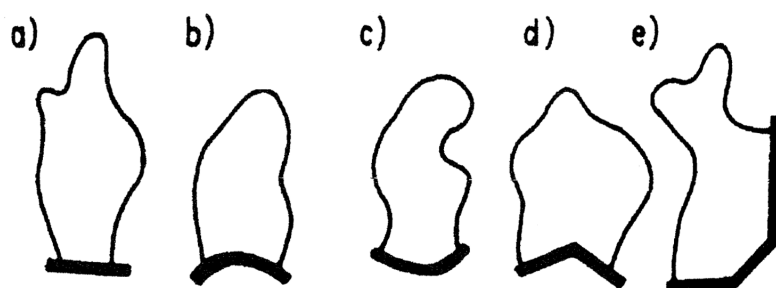


Obr. 18: Hráz boční (zdroj: Beran a Vrána, 1998)



Obr. 19: Hráz obvodová (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

Podle půdorysu můžeme hráze rozdělit na přímé, zakřivené a lomené (Beran a Vrána, 1998).



Obr. 20: Hráze podle půdorysného uspořádání (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

a) čelní přímá, b) čelní vypouklá, c) čelní vydutá, d) čelní lomená, e) nepravidelná

Pro výstavbu hráze MVN se volí zásadně zemní hráze. Výběr materiálu se volí na základě inženýrsko-geologického průzkumu. Pokud je vhodný materiál přímo v nádrži, volí se pro stavbu přednostně tento materiál. V jiném případě se volí materiál z nejbližšího okolí pokud je v požadovaném množství (Šálek, 1999). Zatřídění a vhodnost zemin uvádí ČSN 75 2410.

příloha 2: Klasifikace zemin pro stavbu hrází (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

Podle druhu materiálu se dělí hráze na homogenní a nehomogenní. Homogenní hráze jsou tvořeny z jednoho materiálu a jsou dostatečně nepropustné a konstruktivně stálé. Nejvhodnější jsou písčité hlíny a hlinitojílové písky. ČSN 75 2410 navrhuje budovat hráze homogenní při výšce hráze do 6 m. Nehomogenní hráze jsou složeny z více druhů zemin, které jsou uloženy odděleně. Těsnění hrází se navrhuje z nepropustné zeminy, někdy i z jiných hmot, např. folie, asfaltobeton. Podle umístění těsnění se rozeznávají hráze s těsnícím jádrem a hráze s návodním těsněním. U všech zemních hrází musí být veškerý materiál dokonale zhutněn (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980).

Šířka koruny hráze po níž vede komunikace je dána šířkou komunikace, pokud po koruně komunikace nevede, rozhoduje o šířce technické provedení hráze. Sklon svahů závisí na druhu použité zeminy, vyplývá z požadavků na stabilitu hráze. Stabilita nízkých hrází do 10 m se řeší Pettersonovou metodou, podrobnosti uvádí Vrána a Beran (1998). Hloubka založení hráze závisí na propustnosti podloží, které určuje inženýrsko-geologický průzkum. Pokud je podloží propustné, jsou nutné úpravy.

2.6.2 Objekty na MVN

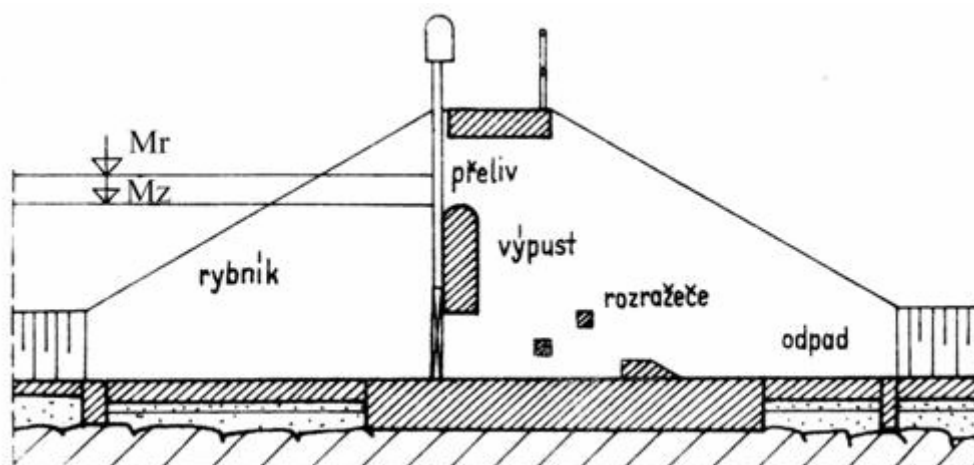
Objekty na MVN umožňují plnit jejich základní funkce. Patří sem výpustná zařízení, odběrná a přívodní zařízení, bezpečnostní přelivy, sdružené funkční objekty. Výpustná zařízení jsou určena k řízenému vypouštění vody. Výpusti musí umožnit vypouštění v různých hloubkách. Zpravidla se umísťují do nejnižšího místa nádrže. U objemu nad 1 mil m³ se navrhuje dvě výpusti. Každá musí mít jeden provozní a jeden provizorní uzávěr. Z konstrukčního hlediska se výpusti dělí na otevřené (žlabové) a



Obr. 21: Stavidlová výpust
(foto: Pavel Příbyl)

uzavřené (trubní). Uzávěrem mohou být lopaty, čepy, šoupátka, stavidla nebo požeráky. Nejčastějšími výpustními zařízeními na MVN jsou požeráky (Šálek 1999).

Odběrná zařízení se navrhují podle účelu nádrže. Jsou určena k odběru vody např. pro závlahu, průmysl nebo obyvatelstvo. Odběr vody se dělí na gravitační a na odběry čerpáním s konstantním nebo proměnným množstvím. K nejjednodušším řešením patří tzv. věžové odběry.



Obr. 22: Uspořádání jednoduché stavidlové výpusti (zdroj: Beran a Vrána, 1998)



Obr. 23: Přívodní zařízení – náhon
(zdroj: www.poh.cz)

Přívodní zařízení se konstruuje především gravitační, výjimečně čerpáním. Mohou mít podobu kanálů či náhonů, mohou to být zařízení měrná, regulační nebo na ochranu před splaveninami.

Bezpečnostní přelivy jsou určeny k bezpečnému odvedení vody při povodňových průtocích a slouží k ochraně hráze před přelitím. Bezpečnost proti přelití hráze je dána výpočtem. Kapacita se navrhuje na Q_{100} . Bezpečnostní přelivy se dělí na hrázové a břehové, podle směru proudění vody na čelní a boční, podle půdorysu na přímé a zakřivené a podle konstrukčního uspořádání na korunové, břehové, šachtové, kašnové, žlabové, násoskové, doplňkové a nouzové.



Obr. 24: Kašnový přeliv (zdroj: www.poh.cz)

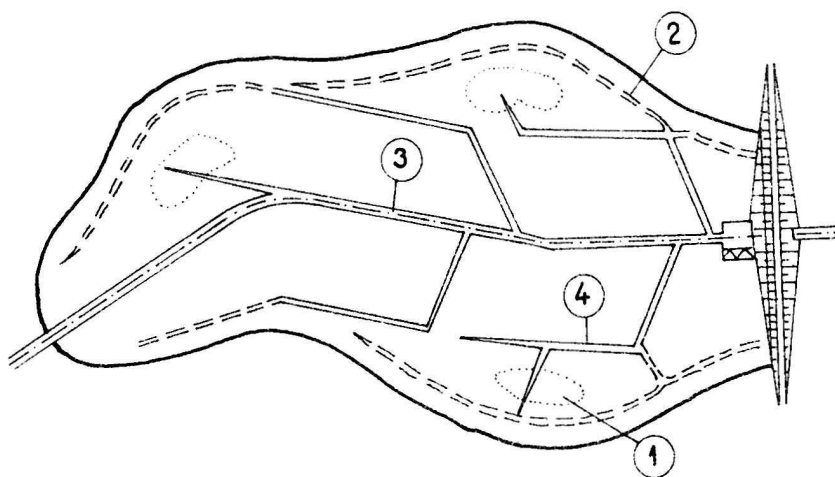


Obr. 25: Boční přeliv (zdroj: www.poh.cz)

Sdružené funkční objekty na MVN plní funkci přelivu, výpustného i odběrného zařízení. Z hlediska technického i provozního bývají výhodné (Šálek, 1999). Podrobnosti těchto objektů uvádí norma ČSN 75 2410.

2.6.3 Úprava koryta, nádrže, břehů a okolí

Součástí technického řešení nádrže je také nutná úprava koryta na dně nádrže, úprava břehů a nejbližšího okolí. Úprava dna nádrže spočívá v odstranění veškerých porostů a v odvodnění dna v případě vypuštěné nádrže. Kostru odvodnění tvoří hlavní stoka a na ní navazující příkopy.



Obr. 26: Schéma odvodnění dna nádrže (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

1) prohlubně, 2) obvodný záchytný příkop, 3) hlavní odvodňovací stoka, 4) sběrné odvodňovací příkopy

Koryto pod nádrží se upravuje podle zásad malých vodních toků. Břehy jsou upravovány a zpevňovány tak, aby odolaly vlnobití a sesuvům zeminy. Doporučuje se zpevnění vegetací, případně kamenným pohozem nebo dřevěnými kůly. Prostor kolem nádrže by měl být oset travinami a měl by být udržován. Slouží k možnému zachycení splavenin z okolních pozemků. Pro začlenění nádrže do krajiny je vhodné vysadit v okolí keřovou a stromovou vegetaci (Šálek, 1996).

2.7 Stav malých vodních nádrží

Stav malých nádrží v ČR v současnosti je velice neuspokojivý prakticky na všech nádržích. Jejich vzhled a fungování odpovídá stáří, nedostatečné péči a finančním prostředkům vynaložených na jejich údržbu. Problémy vyskytující se na nádržích můžeme rozdělit do několika skupin (Beran a Vrána, 1998):

- a) problémy vodohospodářské
- b) problémy technické
- c) problémy ekologické
- d) problémy ekonomické
- e) problémy majetkoprávní
- f) problémy legislativní

Největším a hlavním problémem je zanášení nádrže sedimenty. Tento přirozený jev způsobuje zvýšení dna a zmenšení akumulčního prostoru. Pro uložené sedimenty se běžně používá výraz bahno. Zhruba v posledních padesáti letech došlo k výraznému zhoršení téměř ve všech nádržích v ČR. Hlavními příčinami zanášení jsou břehová abraze, vnitřní zanášení a zanášení přítokem. Břehová abraze je jev, kde vlny naráží na břeh a uvolňují zeminu, následně dochází k sesuvům půdy do vody. Abrází jsou nejvíce ovlivněny vysoce sklonité svahy a svahy bez vegetačního pokryvu. Další příčinou je vnitřní zanášení vodními rostlinami a živočichy. Jejich těla odumírají a dochází k rozkladu biomasy. V poslední době dochází také ke zvyšování úrodnosti zemědělské půdy pomocí průmyslových hnojiv (především obsahují dusík a fosfor). Tyto živiny jsou transportovány do vody, kde dochází k eutrofizaci, což vnitřnímu zanášení napomáhá. Třetí příčinou je zanášení vodním tokem, což ohrožuje hlavně průtočné nádrže. Důvodem je eroze zemědělských a lesních pozemků. Voda tyto látky spláchne z celého povodí právě do nádrže, kde se z nich stávají plaveniny či splaveniny. S nadměrným



Obr. 27: Odbahnění nádrže (foto: Ondřej Palička)

ukládáním sedimentů souvisí jejich odstranění – tzv. odbahnění nádrže. Tato záležitost je časově i finančně velice nákladná. Samotnému procesu předchází nutné přípravy. Provádí se průzkum dna, nejlépe po vypuštění nádrže, čímž se zjistí rozložení a mocnost bahna po ploše.

Následuje rozbor vzorků sedimentů, tím se určí chemické složení a to rozhoduje o dalším využití. Množství těžkých kovů obsažených v bahně rozhoduje o jeho umístění. To je v případě zvýšeného obsahu považováno za odpad. Pokud obsah nepřekročí stanovené limity, lze vytěžený materiál použít v zemědělství. Samotná těžba může být provedena buď suchou nebo mokrou cestou. Technologický postup záleží na mocnosti nánosů, na propustnosti dna a na únosnosti dna pro těžkou mechanizaci (rypadla, buldozery). U rybochovných nádrží je nutné ponechat 5-10 cm vrstvy pro úspěšný chov ryb. Těžba se dá provést také z vodní hladiny pomocí sacího bagru. Výběr pozemku pro uložení odpadu musí být dojednan před zahájením těžby. Z ekologického hlediska je odbahňování razantní zásah do přírody, obnova trvá několik let. Pro životní prostředí je méně drastická těžba mokrou cestou než suchou cestou (Gergel a kol., 1995).

Mezi další významné problémy patří špatný technický stav nádrže. Mezi nejčastější závady, které zjistila organizace Vodní díla – TBD a.s., patří špatný stav výpustného zařízení, deformace povrchu hráze, neudržovaná vegetace, zamokření podhrází. K nejzávažnějším otázkám z ochrannářského hlediska patří kvalita vody v nádrži. Míru znečištění určují škodlivé látky z celého povodí a dále intenzita využívání. Důležitou roli hraje také eutrofizace, která způsobuje nárůst mikrobioty. Mnoho problémů vzniká na základě nedostatečné údržby nádrže. Ta závisí na finanční a majetkoprávní stránce. Po roce 1989 byla část nádrží vrácena původním majitelům, kteří nemají prostředky na rekonstrukci a údržbu, a proto se o nádrže nikdo nestará a chátrají (Beran a Vrána, 1998).

Jako další možný problém lze uvést problém kam s odpadními vodami, což se týká především a jediné biologických rybníků. Tento problém začíná být velice aktuální a do budoucna představuje obrovský problém pro všechny obce (Beran a Vrána, 1998).

2.8 Návrh a implementace nádrže v krajině

Výstavba či rekonstrukce nádrže musí být v souladu s územním plánem, stavebním zákonem, zákonem o vodách a s dalšími vyhláškami a nařízeními, které se nádrže týkají. Návrh musí být posouzen z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti, začlenění do krajiny, památkové péče a ochrany přírody, dále také z hlediska způsobu využití ostatních existujících nádrží ve vodohospodářské soustavě. Výběr místa nádrže

je při rozhodování velmi důležitý. Nádrž může být hloubená nebo hrázová (viz 2.4). Pro životní prostředí je varianta s hrází lepší než hloubená, protože tolik nezasahuje do okolní krajiny. Výběr místa záleží na několika faktorech: tvar nádržní pánve, účel a funkce nádrže, poloha vzhledem k vodnímu zdroji, vhodnost místa pro hráz, blízkost stavebního materiálu pro hráz, hydropedologické a hydrogeologické podmínky. Dále o místu rozhodují majetkoprávní vztahy, zemědělsko-výrobní faktory, bonita půdy (Hütte, 2000).

Umístění hráze je z ekonomického hlediska nejvhodnější v nejužším místě údolí, protože nejvíce finančních prostředků připadá právě na stavbu hráze. Zatopená plocha nádrže a výška hráze závisí na sklonitosti terénu. Funkce nádrže hraje při výběru také důležitou roli. Např. rybochovné nádrže se navrhují v místě s malým sklonem, tj. $< 1\%$ (plochá pánve), závlahové nádrže se navrhují co nejbližší zavlažovaným plochám, retenční nádrže se umísťují nad území, které ochraňují. Na základě místních poměrů rozhodují i elektrická vedení, podzemní kabely, vodovody, plynovody, atd (Beran a Vrána, 1998).

2.8.1 Podklady pro návrh nádrže

Pro návrh a realizaci nádrže je nutné získat velké množství podkladů. Mezi nejdůležitější podklady patří:

- a) klimatické
- b) hydrologické
- c) geomorfologické
- d) geologické, hydrogeologické, hydropedologické
- e) vodohospodářské
- f) geodetické

Údaje pro klimatické podklady poskytuje ČHMÚ. Tyto informace jsou závazné, a nelze je měnit. Patří sem srážkové, teplotní, směr a rychlost větrů, průměrný počet letních, mrazových a ledových dnů, hodnoty výparu z volné hladiny, intenzita sluneční radiace. Na základě klimatických, fenologických a geomorfologických hledisek se rozlišují tři klimatické oblasti – teplá, mírně teplá a chladná oblast. Podle těchto oblastí

se určuje vhodný účel nádrže. ČHMÚ poskytuje i data hydrologická, která jsou také závazně daná. Mezi základní hydrologické údaje patří plocha povodí k profilu zamýšlené hráze, průměrný roční průto-, M-denní průtok, N-leté průtoky, dále např. splaveninový nebo povodňový režim. Hydrologické údaje jsou nutné převážně pro vodohospodářské řešení nádrže.

Na geomorfologických podkladech závisí správná volba umístění nádrže a hráze. Vždy se udělá několik profilů a zvolí se nejlepší tak, aby bylo dosaženo co nejkratší hráze a co největšího objemu nádrže. Pro posouzení vhodnosti na základě morfologických vlastností jsou důležité relativní a absolutní objemový ukazatelé.

relativní objemový ukazatel: $\eta_r = A/I_n$

kde A – míra zúžení údolí [%]

I_n – podélný sklon údolnice nádrže [%]

Hodnoty menší než 15 jsou brány jako nepříznivé a nevhodné, 15 – 200 jsou považovány za příznivé a nad 200 mimořádně příznivé.

*Tab 5: Relativní objemový ukazatel a morfologické vlastnosti
(zdroj: Beran a Vrána, 1998)*

Klas. třídy	η_r	morfologické vlastnosti
I.	> 250	mimořádně příznivé
II.	100 – 250	velmi výhodné
III.	45 – 100	vhodné
IV.	15 – 45	podmíněně vhodné
V.	< 15	ekonomicky málo příznivé

absolutní objemový ukazatel: $\eta = V_z/V_h$

kde V_z – objem zásobního prostoru

V_h – objem hráze

Tento ukazatel posuzuje terén se zřetelem na výšku hráze. η by nemělo klesnout pod hodnotu 4, $\eta \geq 10$ představuje optimální řešení. Pro velikost objemu nádrže slouží i batygrafické křivky (viz. 2.5.1).

Pro výstavbu nádrže je nutný geologický průzkum. Poskytuje údaje o vlastnostech podloží, na kterém bude stát hráz a další funkční objekty, a dále informace o údolních svazích, více informací uvádí ČSN 73 0090 Geologický průzkum pro stavební účely. Pro posouzení vhodnosti jsou nutné geologické mapy, starší geologické průzkumy a přímé obhlídky vybrané lokality. V poslední době jsou zvýšeny nároky na inženýrsko-geologické poměry, které zkoumají stabilitu svahů, charakter kvartérního pokryvu, proudění podzemní vody. Pro vlastní projekční práce je nezbytný hydrogeologický průzkum, který poskytuje informace o hladině, směru a rychlosti proudění podzemní vody, zrnitostní složení půdy, měrná a objemová hmotnost, pórovitost, vodivost, obsah humusu. Podrobnější informace uvádí ČSN 75 4100 Průzkum pro meliorační opatření na zemědělských půdách a ČSN 75 4112 Hydrogeologický průzkum pro meliorace a zemědělské využívání krajiny.

Další důležité podklady jsou podklady vodohospodářské, jejichž úkolem je zvýšení využitelnosti vodních zásob. Pro vodohospodářské řešení je nutné mít k dispozici hydrologické údaje vodního zdroje, údaje o odběru vody, množství a druhu splavenin, kvalitě vody, dále údaje o záplavách a škodách vzniklých následkem záplav.

Geodetické podklady slouží k výběru místa hráze a celé zatopené plochy, k zakreslení všech průzkumů, k vyhotovení stavebních výkresů. Dělíme je na mapové, které tvoří soubor map různých měřítek, a na měřičské, které navazují na mapové a obsahují geodetická měření z terénu přímo pro potřeby navrhované nádrže. Podle normy ČSN 75 2410 je vyžadováno používat mapy v měřítku 1:50 000 až 1:5 000 pro území nádrže se všemi stavbami a zařízeními, mapy v měřítku 1:1 000 až 1:500 pro hráz a přilehlé okolí s vrstevnicemi 0,5 m -1 m, dále příčné a podélné profily.

Dále mezi podklady lze zařadit i výsledky fytocenologického a zoocenologického průzkumu, které posuzují biodiverzitu v nejbližším okolí nádrže, nebo kulturně přírodní průzkum, který se zaměřuje na výzkum kulturně přírodních složek. Současně se zjišťují i pásma hygienické ochrany (Jůva, Hrabal, Pustějovský, 1980).

2.8.2 Začlenění nádrže do životního prostředí

Důležitým úkolem při návrhu MVN je začlenění do životního prostředí. To souvisí s využíváním a uspořádáním krajiny. Základem je stanovení vlivů životního

prostředí na nádrž a naopak, vlivů MVN na okolní životní a přírodní prostředí. Pozornost je třeba věnovat těmto okolnostem: určení hlavních a vedlejších funkcí nádrže, stanovení souvislostí mezi MVN a okolím, charakter krajiny, ekologické zhodnocení nádrže, vliv na faunu a flóru, vliv mikroklimatu na prostředí, návrh manipulačních a provozních řádů. Zvláštní pozornost je třeba věnovat chráněným oblastem, pramenným oblastem, lázeňským oblastem atd. Začlenění nádrže do krajiny se řeší společně s návrhem pozemkových úprav (Gergel, 1992).

2.9 Revitalizace malých vodních nádrží

Revitalizace MVN je činnost, která obnoví narušené nebo zcela zničené ekologické funkce nádrží. Mezi základní opatření patří odbahnění, úprava dna a břehů nádrže, doplnění vegetace, zapojení nádrže do přírodního ekosystému, rekonstrukce hráze a objektů na nádrži (Šálek 1999). Přehled revitalizačních opatření podle ČSN 75 2410 je uveden v tabulce níže. Problém revitalizace zahrnuje celé povodí nádrže.

Tab. 6: Přehled revitalizačních opatření (zdroj: Gergel a Husák, 1997)

Revitalizační zásah	Změny, které zásah vyvolá	Konečné účinky revitalizace
Odstranění sedimentů	zvětšení akumulačního prostoru nádrže	návrat k původním hydrologickým funkcím
	prodloužení doby zdržení, snížení vnitřní zásoby živin v nádrži	oligotrofizace vodního prostředí
Úprava dna nádrže	zrušení prohlubní zaplněných organickým kalem s vodou anaerobní	zablokování vyplavování fosforu, snížení trofie vody
Úprava břehové linie	vymezení plochy pro rozvoj litorálního pásu	posílení ekologické funkce nádrže
	návrh a výsadba doprovodné vegetace podle odpovídajícího vegetačního stupně	posílení biodiverzity a lepší začlenění nádrže do krajinného prostoru
Zatravnění pásu o šířce min. 20 m po souvislém obvodu nádrže	v místech, kde není navržen litorální pás, představuje vytvoření ochranného pásu bariéry před eutrofizací a zanášením nádrže z okolních pozemků	omezení eutrofizace a zanášení nádrže
Rekonstrukce a obnova tělesa hráze a obslužných zařízení	bezpečná manipulace s akumulovanou vodou	návrat k původním hydrologickým funkcím
Opatření k omezení transportu sedimentu z povodí	organizace z hlediska protierozní ochrany povodí, budování a zakládání odsazovacích míst nad nádrží nebo v nádržní kotlině	posílení všech výše uvedených funkcí, zejména hydrologických

3 AKUMULAČNÍ A RETENČNÍ NÁDRŽE V PRAMENNÉ OBLASTI VYDRY

Tato kapitola je věnována bývalým nádržím na Šumavě, především v povodích Modravského a Roklanského potoka, které byly v minulosti využívány pro potřeby plavení dřeva ve Vchynicko-tetovském plavebním kanále. Zmíněno bude jejich historické využití a možná obnova.

Na území Šumavy se nachází mnoho nádrží, a to jak přírodních, tak uměle vytvořených. Například z jezer glaciálního původu lze jmenovat Černé, Čertovo, Prášilské, Plešné a Laka. Další drobná jezírka se dají najít v některých rašeliništích, největší z nich leží v Chalupské slati u Borové Lady. Pro oblast Šumavy jsou netypickým prvkem rybníky, které jsou napájeny vodou z rašelinišť, např. Kozí rybník, Křišťanovický rybník. V minulých stoletích bylo v této lokalitě zřízeno několik menších retenčních nádrží, které dnes svou funkci neplní, nebo jsou dokonce zcela nefunkční. Z nejznámějších dochovaných retenčních nádrží lze jmenovat Boubínské jezírko na Kaplickém potoce (obr. 28), Světlohorskou nádrž u Lipky nebo Horní Poleckou nádrž na Poleckém potoce u Borové Lady. Mezi nejvýznamnější a nejzajímavější nefunkční



Obr. 28: Boubínské jezírko (zdroj: www.geocaching.cz)

nádrže patří Rosenauerova nádržka na říčce Světlá. Ovšem největší koncentrace menších retenčních nádrží je právě v povodí Modravského a Roklanského potoka (Anděra a kol., 2003).

3.1 Vymezení zájmového území

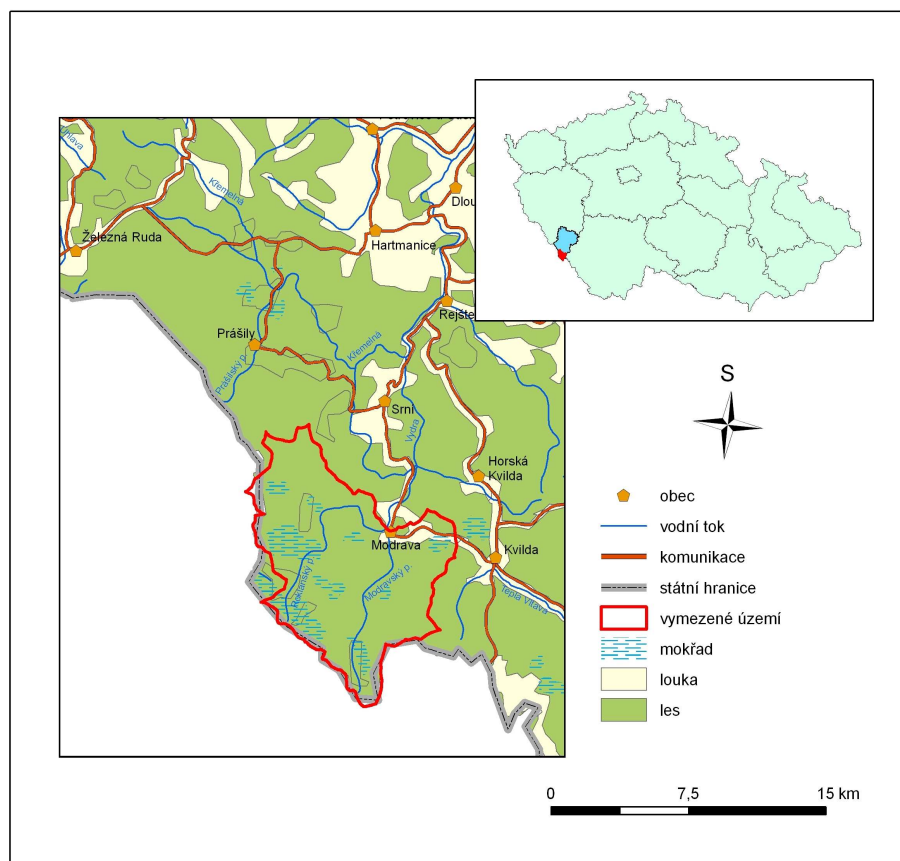
Pramenná oblast Otavy se nachází v pohoří Šumava v jihozápadních Čechách. Zájmové území leží při hranicích se sousedním Německem, kde můžeme najít některá prameniště potoků studovaného povodí. Ovšem tato plocha je v poměru s českou částí zanedbatelná. Studovaná oblast zahrnuje horní část povodí Vydry, tedy povodí

Modravského a Roklanského potoka. Modravský potok vzniká soutokem Luzenského a Březnického potoka. Roklanský potok pramení asi 500 m SZ od Blatného vrchu ve výšce 1264 m. Pod Modravou se tyto dva potoky stékají a vzniká řeka Vydra, která teče



v severním směru až k Čeňkově Pile v délce 22,5 km a o ploše povodí 146 km² (Anděra a kol., 2003). Na Čeňkově Pile dochází k soutoku s řekou Křemelná a odtud řeka nese jméno Otava. Vydra je horská řeka s mnoha zákruty. Její koryto se vyznačuje nadměrným množstvím kamenů a balvanů, které jsou

Obr. 29: Vydra (zdroj: www.naucnoustezkou.cz) původem z žulového masívu, který byl rozlámán (Anděra a kol., 2003). Hranice zájmového území, tedy povodí Modravského a Roklanského potoka, probíhá od soutoku přes následující vrcholy: Jelení vrch (1176 m), Březová hora (1193,4 m), Tetřev (1260 m), Čertův vrch (1244 m), Černá hora (1315,4 m), Mrtvý vrch (1254 m), Malá Mokrůvka (1330,3 m), Velká Mokrůvka (1370 m), Luzný (1373 m), Hraniční hora, Špičnick (1351 m), Blatný vrch (1367,4 m), Medvědí hora (1224 m), Beerenkopf (1158 m), Poledník (1315 m), Jezernice (1266 m), Oblík (1225 m), Adamova hora (1078 m) (Mapa tajemných míst, 2005). Celé studované území se nachází v Národním parku Šumava, nepatrná část je v přilehlém Národním parku Bavorský les na německé straně pohoří. Z administrativního hlediska spadá toto území do jižní části Plzeňského kraje, ORP Sušice, obec Modrava a z části obec Prášily. Z katastrálního hlediska náleží oblast do katastrálního území Filipova Huť.



Obr. 30: Mapa vymezení území (zdroj: vrstvy ArcČR, upraveno)

3.2 Fyzicko-geografická charakteristika území

Tato kapitola charakterizuje území z fyzicko-geografického hlediska. Podává informace o podmínkách a vlivech působících na reliéf a utvářejících tak celkový ráz krajiny.

3.2.1 Geologické a geomorfologické poměry

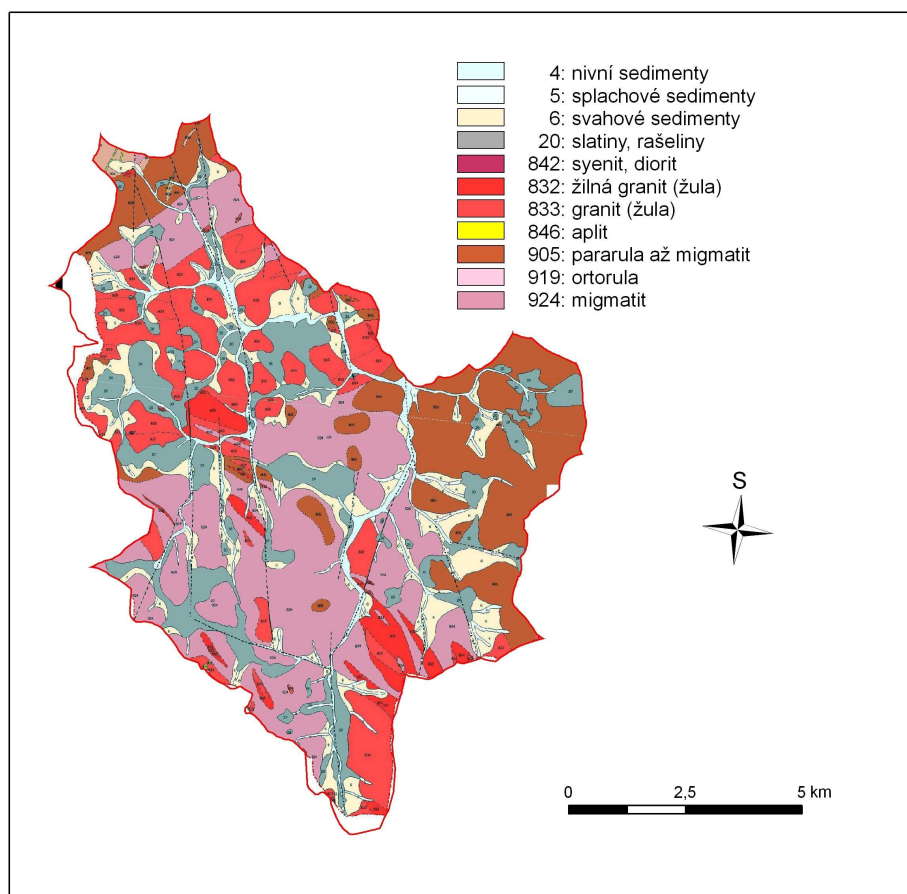
Z geologického hlediska je Šumava tvořena dvěma geologickými celky – moldanubikum a moldanubický pluton. Moldanubikum tvoří středně až silně metamorfované horniny – pararuly, svory, migmatity. Stáří těchto hornin je datováno od proterozoika až ke staršímu paleozoiku. Moldanubický pluton je reprezentován granitovými masivy místy s žulovými tělesy. Významné jsou také kvartérní usazeniny,



které tvoří podklad pro dnešní rašeliniště. Stáří těchto sedimentů se datuje do období pleistocénu až holocénu (Chábera a kol., 1984).

V období čtvrtohor byla oblast přemodelována ledovcem, a proto jsou zde vidět některé ledovcové útvary, např. obří hrnce, kamenná moře, mrazové sruby (Anděra a kol., 2003).

*Obr. 31: Kamenné moře v Povydří
(zdroj: www.naucnoustezkou.cz)*



Obr. 32: Geologická mapa (zdroj: www.geologicke-mapy.cz, upraveno)

Georeliéf celé Šumavy je značně složitý a je výsledkem dlouhodobého vývoje, který pokračuje dodnes. Studovaná oblast patří dle Kunskeho (1968) do Hercynského

systému, subsystému Hercynská pohoří, provincie Česká Vysočina, dále do Šumavské soustavy, která se dělí na Českoleskou podsoustavu a na Šumavskou hornatinu. Šumavská hornatina se dělí na 4 celky – Šumava, Šumavské podhůří, Novohradské hory, Novohradské podhůří. Samotný celek Šumava se dále dělí na 6 geomorfologických podcelků, viz tabulka 9 (Školní atlas ČR, 2000).

Tab. 7: Geomorfologické členění ČR – Hercynský systém (zdroj: Kunský, 1968)

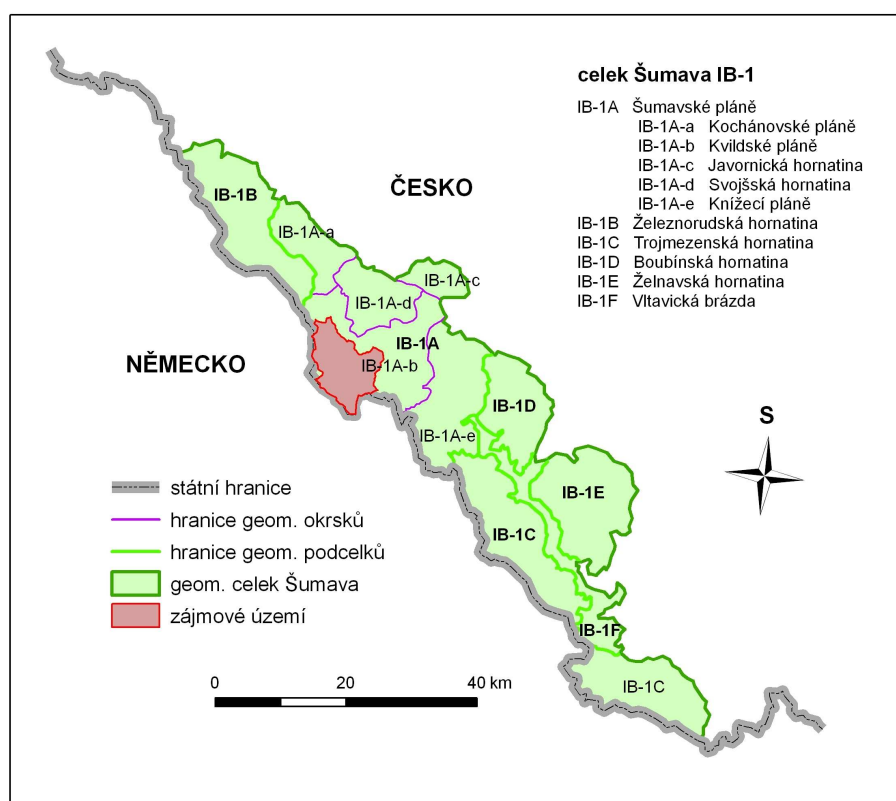
systém	subsystém	provincie	soustava
Hercynský s.	Hercynská pohoří	Česká Vysočina	Šumavská s. Českomoravská s. Krušnohorská s. Krkonosko-jesenická Poberounská s. Česká Tabule
	Epihercynské nížiny	Středoevropská níž.	Středopolské nížiny
Alpínsko-himalájský s.	Karpaty	Západní Karpaty	Vněkarpatské sníženiny Vnější Západní Kar.
	Panonská pánev	Západopanonská pánev	Vídeňská pánev

Tab. 8: Geomorfologické členění ČR - Šumavská soustava (zdroj: Kunský, 1968)

soustava	označení	podsoustava	označení	celek	označení
Šumavská	I	Českoleská p.	IA	Český les	IA-1
				Podčeskoleská pahor.	IA-2
				Všerubská vrchovina	IA-3
	IB	Šumavská hor.	IB	Šumava	IB-1
				Šumavské podhůří	IB-2
				Novohradské hory	IB-3
				Novohradské podhůří	IB-4

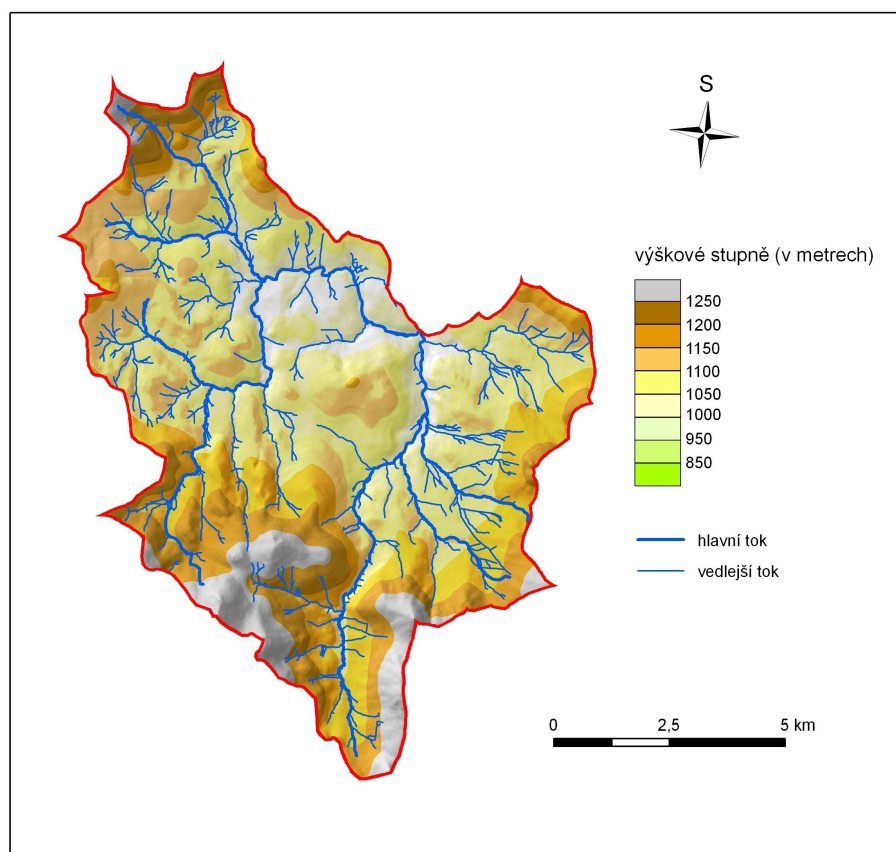
Tab. 9: Geomorfologické členění ČR – celek Šumava (zdroj: Kunský, 1968)

celek	označení	podcelek	označení	okrsek	označení
Šumava	IB-1	Šumavské pláně	IB-1A	Kochánovské pláně	IB-1A-a
				Kvildské pláně	IB-1A-b
				Javornická hornatina	IB-1A-c
				Svojšská hornatina	IB-1A-d
				Knížecí pláně	IB-1A-e
		Železnorudská hor.	IB-1B		
		Trojmezenská hor.	IB-1C		
		Boubínská hor.	IB-1D		
		Želnavská hor.	IB-1E		
		Vltavická brázda	IB-1F		



Obr. 33: Mapa geomorfologického členění (zdroj: vrstvy ArcČR, vrstvy Cenia, upraveno)

Studovaná oblast se nachází v jednotce Šumavské pláně. Tyto pláně zaujímají plochu 670 km², jejich průměrná výška je 980 m. Vyznačují se plochým až mírně zvlněným reliéfem, nad který vyčnívají vrcholky nad 1200 m (viz obr. 32). Údolí jsou mělká a široká, často vyplněná rašeliništi, např. Chalupská slať, Jezerní slať. Nejvyšší část tvoří Kvildské pláně s nejvyšším vrcholem Velká Mokrůvka (1370 m), které se dále dělí na okrsky Prášilské pláně, Modravské pláně, Roklanské pláně. Na JV Šumavských plání se oblast přesahující hranici s Německem nazývá Knížecí pláně. Pláně se dostaly do takovéto výšky vlivem vrásno-zlomových pohybů. Celé jejich území je odvodňováno zdrojnicemi Vydry a Křemelné (Chábera a kol., 1984).

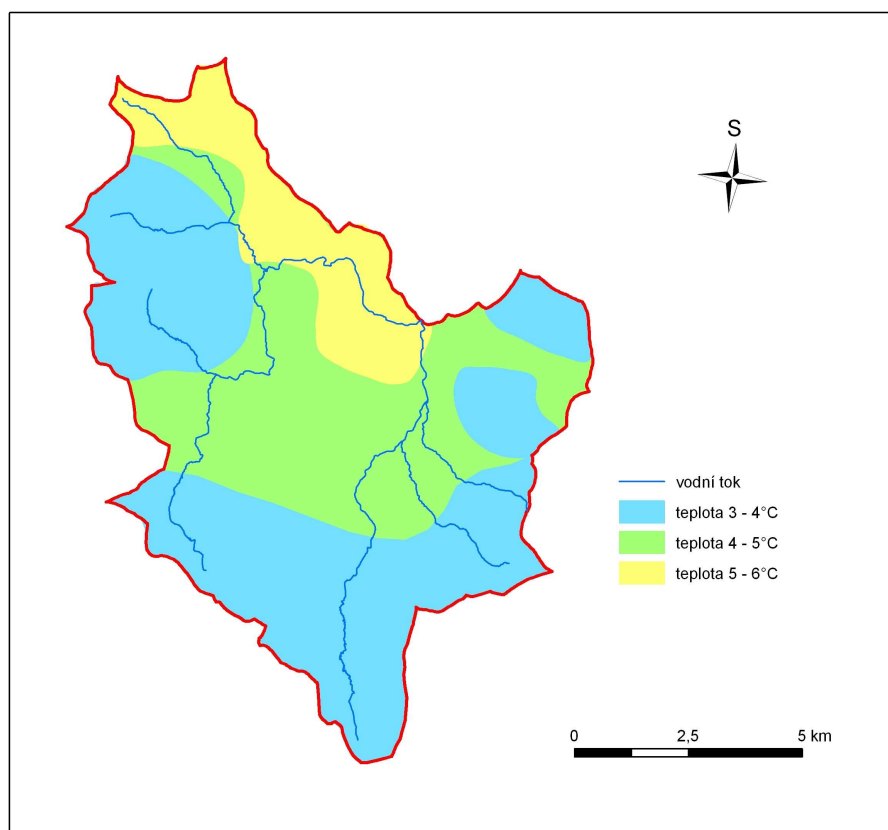


Obr. 34: Mapa výškové členitosti reliéfu (zdroj: vrstvy ArcČR, vrstvy VÚV, upraveno)

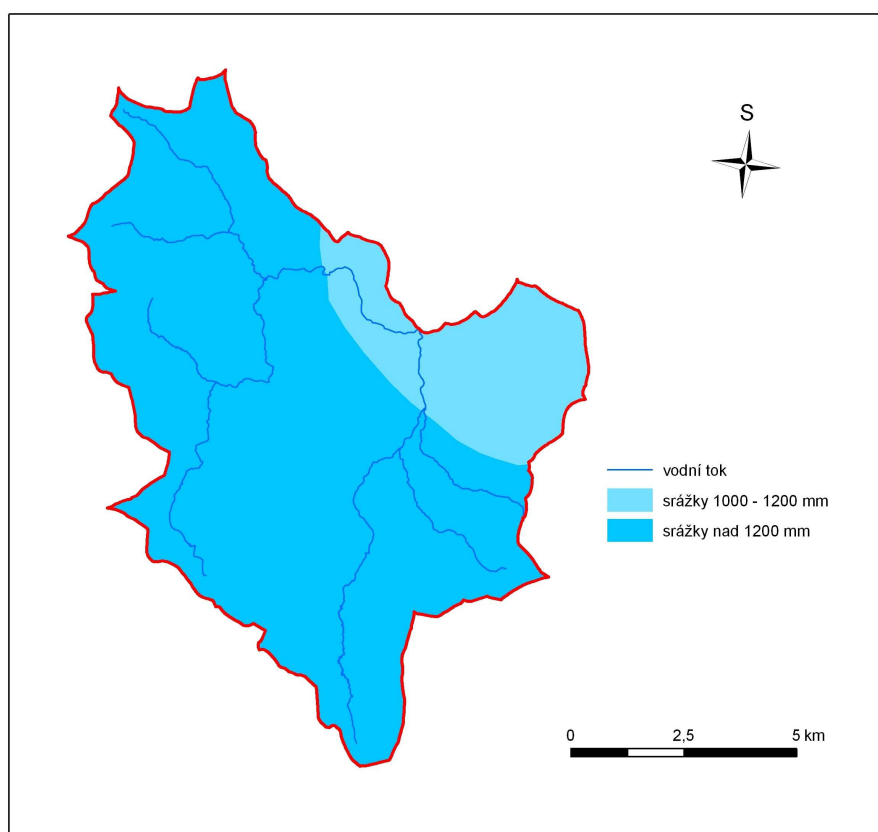
3.2.2 Klimatické podmínky

Studovaná oblast se nachází v oblasti přechodného středoevropského klimatu. Podle členění ČR patří oblast do chladné klimatické oblasti. Teplota se mění s nadmořskou výškou, v oblastech okolo 750 m n.m. je průměrná teplota 5-6°C, ve vrcholových partiích okolo 1300 m n.m. je průměrná teplota 3-4°C (obr. 35). V oblastech plání jsou teploty nižší. Nejchladnějším měsícem bývá leden, nejteplejším červenec. Celkové množství srážek se zvyšuje s nadmořskou výškou (Školní atlas ČR, 2000). Nejvíce srážek spadne v centrální části Šumavy v lokalitě Březníku – okolo 1500 mm, největší podíl připadá na období červen – červenec. Na hřebenech tvoří sníh až 40% srážek. Sněhová pokrývka vydrží 120-150 dní v roce, její mocnost je zhruba 100-150 cm. V těchto hřebenových oblastech je také častý výskyt mlh, které se vyskytují až 200 dní v roce. Neméně časté jsou teplotní inverze. Reliéf a vegetaci ovlivňují také směr a rychlost větru, převládá západní až jihozápadní vítr, který v průměru dosahuje 5-8 m/s (<<http://www.npsumava.cz/1268/sekce/klima/>>).

V zájmové oblasti povodí Vydry se nachází několik stanic Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ) a Katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. V blízkosti obce Modrava se nachází limnigrafická stanice ČHMÚ Vydra – Modrava. Tato stanice je situována v závěrovém profilu pod soutokem Roklanského a Modravského potoka, plocha povodí po tomto profilu činí 90, 17 km² (data ČHMÚ). Dále se v zájmové oblasti nacházejí následující klimatické stanice: srážkoměrná stanice ČHMÚ Filipova Huť, člunkový srážkoměr PŘF UK v lokalitě Rokyteckých slatí a kompletní klimatická stanice PŘF UK na Březníku. Kromě toho se v zájmovém povodí horní Vydry vyskytuje pod správou PŘF UK 10 automatických hladinoměrných zařízení (viz obrázek 37).



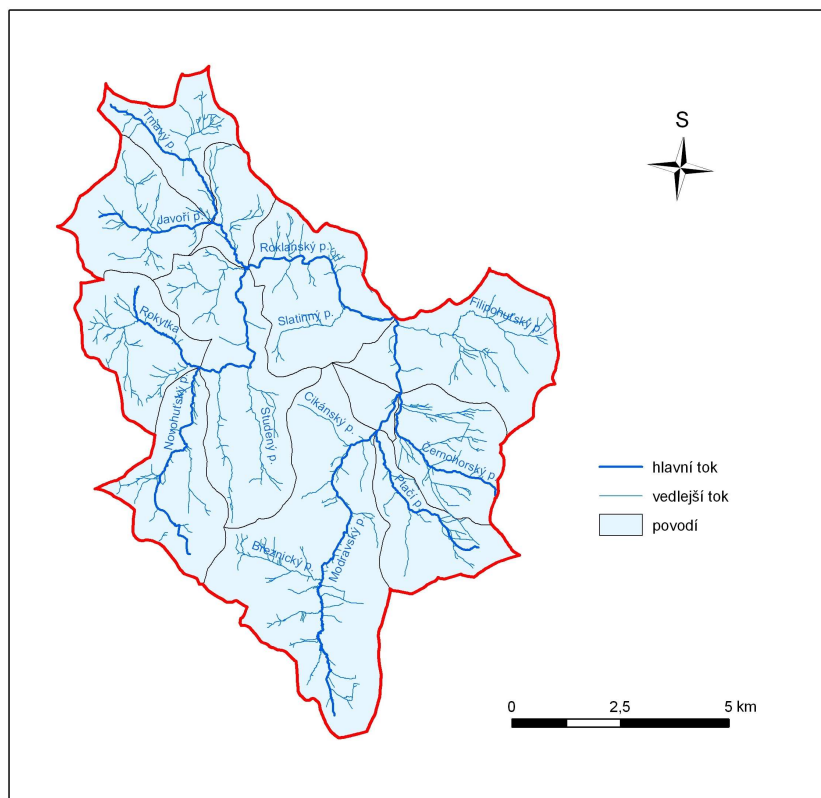
Obr. 35: Mapa rozložení průměrné roční teploty
(zdroj: vrstvy VÚV, vrstvy Cenia, upraveno)



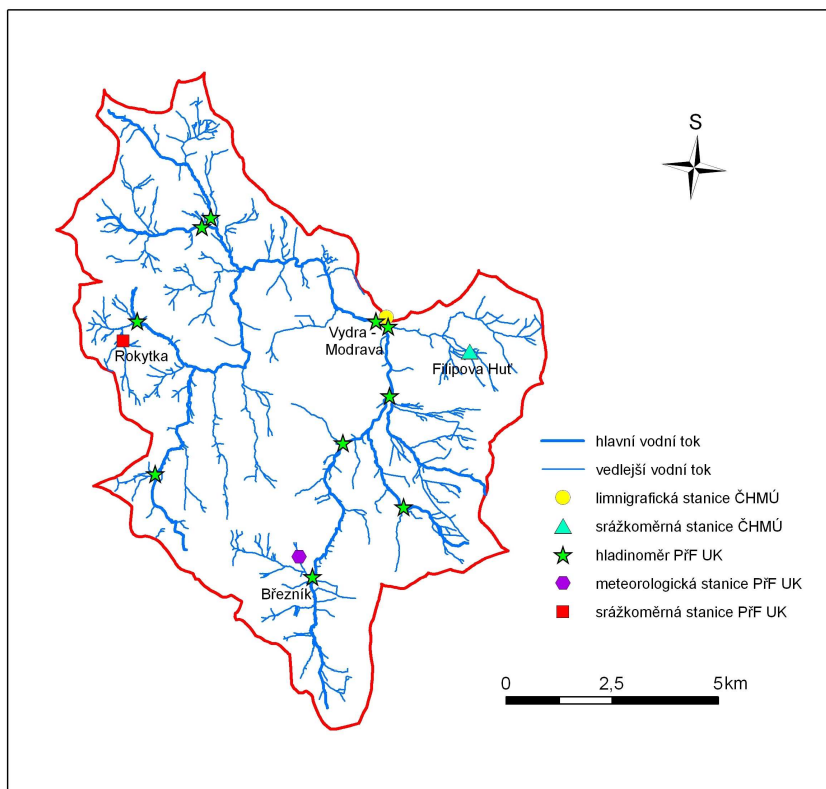
Obr. 36: Mapa rozložení srážek (zdroj: vrstvy VÚV, vrstvy Cenia, upraveno)

3.2.3 Hydrologické poměry

Systém povrchových vod tvoří převážně prameniště a rašeliniště, síť vodních toků, ledovcová jezera a uměle vytvořené nádrže. Celé studované území patří do Chráněné oblasti přirozené akumulace vod. V roce 1990 bylo necelých 6 000 ha rašelinišť zapsáno na seznam nejceněnějších mokřadů chráněných podle Ramsarské úmluvy. Vodní toky odvádí vodu do Severního moře. V oblasti šumavských plání pramení jedna z největších řek Šumavy – Otava. Zdrojnice Vydra vzniká soutokem Modravského a Roklanského potoka, jejichž povodí vymezují právě zájmovou oblast. Tyto toky jsou toky IV. řádu, dle absolutní řádovosti. Modravský potok vzniká soutokem Luzenského potoka, který pramení na severním svahu vrcholu Luzný v oblasti Hraniční slati v nadmořské výšce kolem 1200 m, a Březnického potoka, který pramení pod vrchem Blatný. Protéká Šumavou ve směru na sever, jeho délka činí 13 km. Mezi významné přítoky Modravského potoka patří – levostranný Březnický potok pramenící v Blatenské slati, levostranný Cikánský potok pramenící v Cikánské slati, pravostranný Ptačí potok stékající ze svahů vrcholu Malá Mokrůvka, dále pravostranný Černoorský potok pramenící v Černoorském močálu, a na Modravě zprava vtékající Filipohuťský potok, který pramení v Tetřevské slati pod vrcholem Tetřev. Roklanský potok pramení asi 500 m SZ od Blatného vrchu ve výšce 1264 m. Jeho délka činí necelých 14 km, plocha povodí je zhruba 48 km². Mezi jeho významné přítoky patří – zleva přitékající Rokytka sbírající vodu z Rokyteckých slatí, pravostranný Novohuťský potok pramenící v Novohuťském močálu, pravostranný Studený potok, levostranný Javoří potok, jehož nejvýznamnější přítok Tmavý potok odvádí vodu ze svahů Poledníku a Jezerního hřbetu, a dalším přítokem je pravostranný Slatinný potok (Mapa tamjemných míst, 2005).



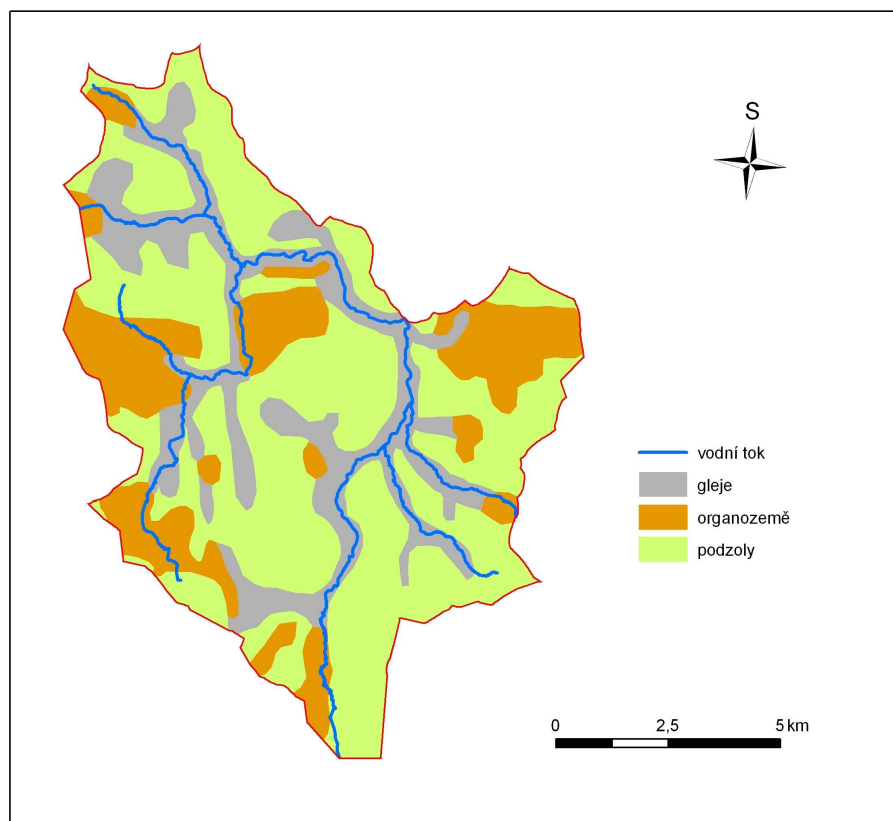
Obr. 37: Mapa vodstva v zájmovém území (zdroj: vrstvy VÚV, upraveno)



Obr. 38: Mapa stanic ČHMÚ a PŘF UK monitorujících hydro-klimatické jevy v povodí Vydry po závěrový profil Vydra-Modrava (zdroj: vrstvy VÚV, data ČHMÚ, upraveno)

3.2.4 Pedologické a biogeografické poměry

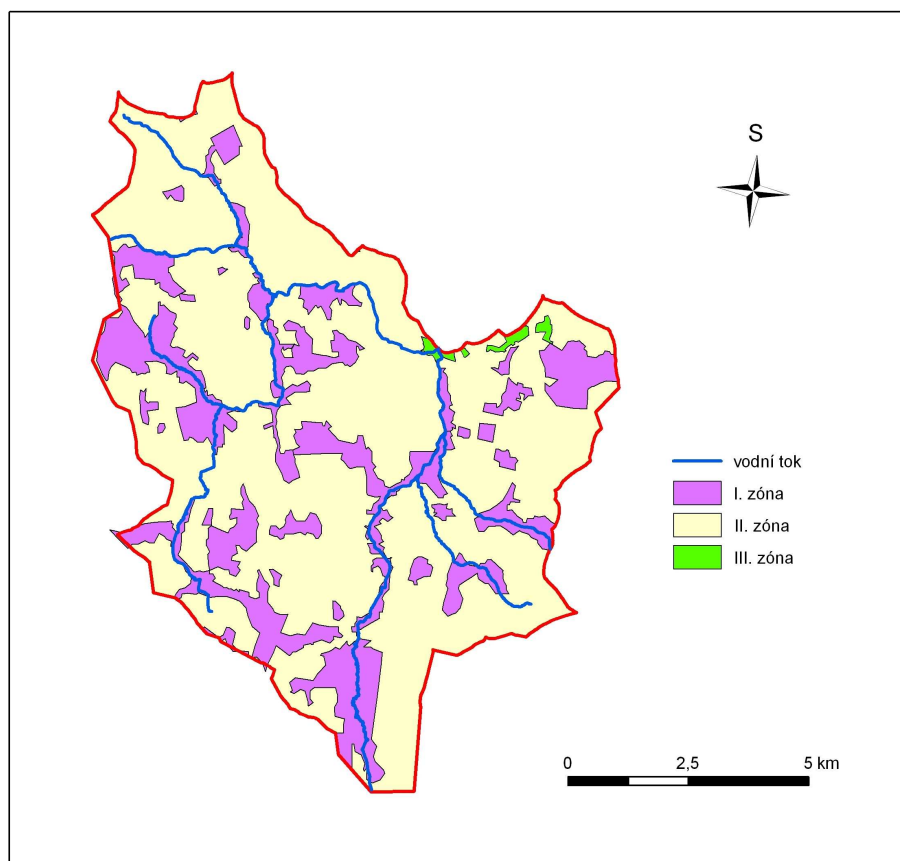
Zájmová oblast má horský charakter. Lze ji označit podle Šefrna (2004) za sběrnou oblast. Sběrná oblast geomorfologicky odpovídá jednotce Šumavské pláně, nachází se ve výškách 600 – 1260 m. Půdní kryt tvoří podzoly, které vznikly podzolizací (intenzivní vyluhování půdy). Ploché a akumulární plochy jsou příznivé pro rozvoj semihydromorfních a hydromorfních půd - organozemě, gleje. Jednotlivé půdní typy jsou charakterizovány nízkým stupněm vývoje, což znamená, že půdní profil je mělký až středně hluboký a ostře přechází do matečné horniny (Šefrna, 2004). Tyto typy se tvoří ve zvodnělém prostředí hromaděním rostlinných zbytků. Častý je zde výskyt rašelinišť, na šumavských pláních nazývaných slatě. Široká a mělká údolí vytváří ideální podmínky pro jejich výskyt. Komplex rašelinišť zadržuje velké množství vody a má proto důležitou hydrologickou funkci. Spodní vrstvy rašeliníku odumírají a směrem nahoru rašeliník přirůstá. Díky nepřístupnosti vzduchu, nízké teplotě a kyselému prostředí dochází k rašelinění a tvorbě rašeliny. Bohatost šumavské flóry je výsledkem rozlehlého území a pestrosti biotopů. Nejvíce plochy zaujímají lesní společenstva, v případě zájmové oblasti je zde lesnatost 80 %. Většinu plochy tvoří smrkové monokultury, ovšem můžeme zde najít i květnaté bučiny, jedle, místy olšiny. V nižších patrech se nachází travní porosty a bohaté bylinné patro. Naprostá většina chráněných a ohrožených druhů je v lučních ekosystémech. Z endemitických druhů lze jmenovat hořeček mnohotvarý český, zvonečník černý, oměj šalamounek, prstnatec májový rašelinný. Za erbovní rostlinu Šumavy je označen hořec šumavský, který roste v karech a na šumavských pláních. Dodnes je Šumava domovem původní středoevropské zvěře. Jediným predátorem je zde rys ostrovid. V jižních částech přežívá malá populace zubra evropského a losa evropského. Zcela byly vyhubeny medvědi hnědý a vlk obecný. Významné je zastoupení ptáků, zejména tetřev hlušec, jeřábek lesní nebo puštík bělavý (Křenová, 2008).



Obr. 39: Mapa hlavních typů půd v zájmovém území (zdroj: vrstvy Cenia, vrstvy VÚV, upraveno)

3.2.5 Ochrana přírody a krajiny

Již na konci 19. století byly zdůrazňovány krásy šumavské přírody. V roce 1933 byly na území parku vyhlášeny první státní přírodní rezervace, např. Rokytická slat'. V roce 1963 byla zřízena Chráněná krajinná oblast Šumava o rozloze 1630 km². V roce 1991 byl pod záštitou UNESCO vyhlášen Národní park Šumava, jehož současná rozloha je 66 064 ha. Park je rozdělen na 3 ochranné zóny: I.zóna – přísná přírodní zahrnuje nejcennější přirozené ekosystémy, např. pralesovité zbytky, mokřady, rašeliniště, a je bez zásahu člověka. II.zóna – řízená přírodní je řízená člověkem. Snahou je udržet rovnováhu ekosystémů a co nejvíce je přiblížit přirozeným společenstvům. III.zóna – okrajová zahrnuje území značně ovlivněné a využívané člověkem. Chráněná krajinná oblast plní ochranou funkci parku. Zonace parku je nutná k udržení ekologické stability krajiny (Chábera a kol., 1984).



Obr. 40: Mapa zonace parku (zdroj: vrstvy Cenia, vrstvy VÚV, upraveno)

3.3 Materiál a metody

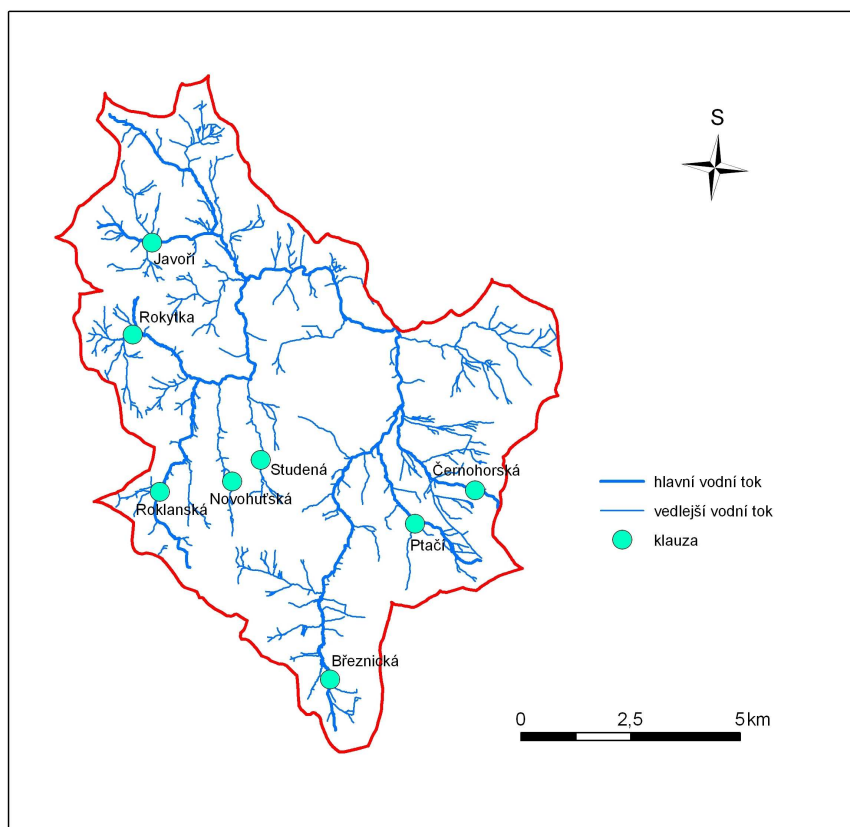
Veškeré mapy byly vytvořeny pomocí aplikace ArcGIS 9.3. Byla použita data ze souboru dat ArcČR, vrstvy VÚV (Výzkumný ústav vodohospodářský) DIBAVOD, které jsou nadstavbou datového systému ZABAGED a jsou volně stažitelné, a geologická mapa online. Dále byly použity vrstvy Portálu veřejné správy ČR, které byly zpracovány v aplikaci ArcMap. Úprava vrstev proběhla pomocí georeferencování a vektorizace. Výsledné mapy byly uloženy ve formátu JPEG s rozlišením minimálně 300 dpi.

K popisu historického využití někdejších akumulčních nádrží v povodí Vydry byly využity Porostní mapy ze Státního oblastního archivu Třeboň, pracoviště Český Krumlov.

Vyměřování potenciálních prostor pro zadržení příčinných úhrnů srážek a retardaci odtoku, ať již někdejších akumulčních nádrží či možných retenčních nádrží vázaných na vhodnou konfiguraci reliéfu, je prováděno nejnovějším modelem totální geodetické stanice (dále jen TS) Leica TCRP1202+. Tato TS v sobě komponuje tzv. systém SmartStation a je navíc doplněna samoobslužným radiovým spojením s výtyčkou. Online či postprocessingovou korekcí dat v systému CZEPOS lze dosáhnout při měření bodových polí přesnosti okolo 1 cm v horizontální poloze a 2-3 cm v poloze vertikální. Nejčastěji je měřeno v globálním pozičním systému JTSK nebo v místním souřadnicovém systému (Kocum, 2010). Takto vyměřené bodové pole v polárních souřadnicích je možné následně napasovat na vrstvy GIS pomocí rektifikačních bodů (Česák, Šobr, Jeníček, Kocum, Němečková, 2008). Měření bodových polí pomocí TS či geografické GPS je jedním ze základních vstupů pro přesné modelování v GIS. Výsledkem měření je síť bodů se známými souřadnicemi x , y , z . Vhodnými interpolačními metodami (optimální metodou je Kriging) v prostředí ArcGIS jsou posléze vykresleny batymetrické plány těchto rezervoárů, na jejichž základě jsou vypočteny jejich morfometrické charakteristiky. Na základě výstupů v SW GIS je možné posuzovat možný vliv malých vodních nádrží na odtokový režim v povodí (Kocum, 2010).

3.4 Někdejší retenční nádrže (klauzy)

Klauzy (lidově nazývané švele), jsou uměle vytvořené nádrže, které v minulosti sloužily pro nadlepšování průtoků vody na vodním toku či v uměle vytvořeném kanále. Takovéto nadlepšování se využívalo pro plavení dřeva z vyšších poloh Šumavy. Nádrže se využívaly zhruba do poloviny 20. století, kdy existence vojenského pásma nedovolila jejich údržbu. Dnes jsou zcela zničeny a svůj účel neplní. V krajině můžeme vidět pouze torza některých hrází (viz obr. 42), zbylé splývají s krajinou a jsou mnohdy těžko identifikovatelné. Jedná se o osm významnějších nádrží, které leží na stejnojmenných potocích: Roklanská, Novohuťská, Luzenská, Studená, Ptačí, Černoohorská, Rokytka, Javoří. Lokalizace nádrží je znázorněna na následující mapce (obr. 41).



Obr. 41: Mapa bývalých nádrží (vrstvy VÚV, Kocum a Janský, 2009, upraveno)



Obr. 42: Hráz bývalé akumulční nádrže pro plavení dřeva a hladinoměrné zařízení v lokalitě Roklanská hájenka (foto: Jan Kocum)

3.4.1 Historické využití

Oblast největší koncentrace těchto nádrží je nazývána Modravské slatě. Tato oblast je charakteristická množstvím slatí, močálů a mokřadů, které dokážou zadržet



*Obr. 43: Plavení dříví
(zdroj: Anděra akol., 2003)*

obrovské množství vody. Nádrže byly opatřeny většinou stavidlem, a v době jarního tání nebo přívalem dešťů dokázaly zadržet velké množství vody. Není náhodou, že většina nádrží vznikla v tak velké nadmořské výšce. Jejich hlavní funkcí bylo plavení dřeva.

První zprávy o plavení dřeva na tocích západní Šumavy pochází již ze 16. století. Plavení z panství měl tehdy na starost Jan starší z Lobkovic. Kamenité a křivolaté potoky však byly splavné pouze za jarních povodní a prodej dříví nejvíce do tamních skláren nebyl tolik výnosný. Lokalita Modravského a Roklanského povodí tehdy spadala

do vlastnictví Prášílského panství. Na konci 18. století komisař Prácheňského kraje Baierweck společně s ředitelem panství Radnickým přišli s návrhem splavnit tuto část Šumavy a plavit dříví až do Prahy, kde bylo dříví nedostatkovým zbožím. Projekt počítal s úpravou Roklanského potoka a Vydry. Ale pro nedostatek financí projekt nebyl zrealizován. Roku 1799 Prášílské panství koupil kníže Josef Schwarzenberk, jelokož zde shledal veliké zásoby využitelného dřeva. O rok později přikoupil panství Dlouhá Ves a obě panství spojil v jedno (Kubíková, 2009). Projekt se začal pomalu realizovat. Ještě před podepsáním smlouvy byla podrobně promyšlena organizace plavení dříví a i jeho těžba v průběhu roku. Ředitelem vodní plavby byl ing. Josef Rosenauer, ve službách knížete J. Schwarzenberka. J. Rosenauer se narodil v roce 1735 ve Chvalšínách u Českého



*Obr. 44: Josef Rosenauer
(zdroj: Anděra akol., 2003)*

Krumlova, v roce 1750 se dostal do služeb Schwarzenberků. Vystudoval ve Vídni inženýrskou akademii, následně se stal zeměměřičem a po té povýšil do služeb plavebního ředitele. Zemřel v roce 1804 v Českém Krumlově. Po obhlídce terénu toků, které měly být upraveny, však dospěl k názoru, že úprava toků, na kterých je velké množství balvanů, kamenů a peřejí, nebude dostačující. Navrhl tedy vybudovat plavební kanál, později nazvaný Vchynicko-tetovský kanál. Byl zřízen v letech 1799-1801. Kanál začíná nad Antýglem, vede podél levého břehu Vydry a ústí do řeky Křemelné.



*Obr. 45: Stahování dříví na saních
(zdroj: Anděra a kol., 2003)*

Regulovaný průtok na nádržích přispíval k prodloužení doby plavení dříví o několik dní. V letních a podzimních měsících se dřevo těžilo a shromažďovalo se podél lesních cest. V zimních měsících se pak na saních dřevo sváželo k nádržím. V bažinatých a strmých oblastech to byl mnohdy jediný způsob, jak dostat dříví z lesa. Podél vodních toků byla

zřízena četná skladiště a vaziště. Plavila se polena 2-3 m dlouhá. Delší polena byla svazována do vorů a tyto vory byly pak dopravovány do Prahy, později až do Hamburku (Anděra a kol., 2003, Zálaha, 1984).

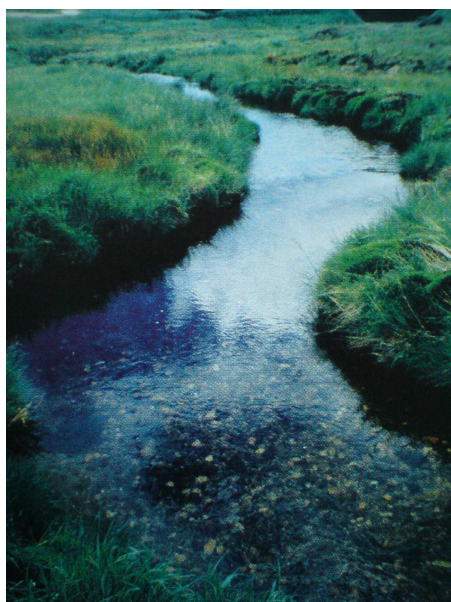
Území západní Šumavy patřilo od 12.století několika vlastníkům. Posledními byl rod Schwarzenberků, jak bylo již řečeno. Zhruba v polovině 19. století byla zřízena Schwarzenberská lesní zřizovací kancelář, která shromažďovala údaje o lesích na území velkostatku. Na území panství Prášily – Dlouhá Ves (pro panství se běžně používal výraz velkostatek) existovalo několik revírů (polesí): Prášily, Nová Studnice, Schätzův les, Modrava, Filipova Huť, Pürstling, Dlouhá Ves, Weitfäller, později přibýlo polesí Vogelsang (Kubíková, 2009). Mapování vývoje lesa probíhalo až od roku 1863, kdy proběhly první taxační práce podle saské metody zařízení lesů. Výstupy těchto prací se dochovaly podobě archiválií a jsou uloženy ve Státním oblastním archivu Třeboň, pracoviště Český Krumlov (Černý a Zahálková, 2009). Archiválie mapují jednotlivá

polesí, je na nich vidět druhové složení lesa i klauzy. V polesí Prášily, Dlouhá Ves a Schätzův les se žádné klauzy nenacházely, proto v příloze nejsou zařazeny. Součástí archiválií je také textová část, která obsahuje označení porostu, plochu porostu, výčet dřevin, věk a věkovou třídu dřevin (Černý a Zahálková, 2009). Vybrané kopie archiválií jsou k nahlédnutí v příloze 3.

příloha 3: Porostní mapy polesí s detailem na retenční nádrž

3.4.2 Potenciální obnova

V současné době je velice aktuálním tématem řešení otázky protipovodňové ochrany a problému sucha. Jedním z možných řešení je zvýšení retenční schopnosti krajiny, a to pomocí obnovy starých nebo vybudováním nových retenčních nádrží (Janský a Kocum, 2009). Nejedná se o nijak velké nádrže a je samozřejmé, že v případě povodňové vlny nádrže nedokáží zcela zadržet tak velké množství vody, např. z jarního tání sněhu, nebo z přívalových dešťů. Účinnost spočívá ve zmírnění a transformaci povodňové vlny, čímž se získá čas na přípravu proti velké vodě v nižších částech toku. Nelze tyto nádrže vztáhnout pro ochranu velkého území, jde spíše o ochranu na lokální úrovni.



*Obr. 46: Roklanský potok
(zdroj: Anděra a kol., 2003)*

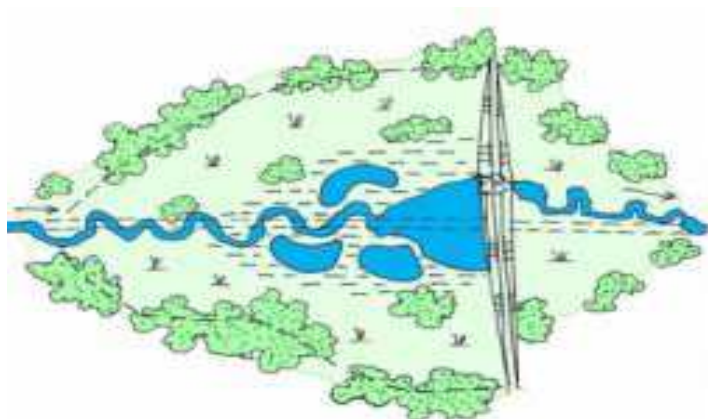
V lokalitě Modravského a Roklanského potoka se nachází osm bývalých akumulačních nádrží, které by byly vhodné pro obnovu. Navíc se v povodí především Roklanského potoka vyskytuje celá řada možností pro realizaci decentních retenčních nádrží, které by díky zdejším optimálním geomorfologickým poměrům mohly vhodně doplňovat systém obnovených klauz. Ty sloužily převážně pro plavení dřeva v průběhu 19. století, jak je popsáno v kapitole 3.3.1. Charakter velmi důsledně vytvořeného systému malých vodních nádrží by byl multifunkční, tzn. dokázal by plnit

kromě řešení hydrologických extrémů (povodně, sucha) i další funkce. Realizované nádrže by mohly být využity i v případě výskytu požáru jako protipožární nádrže. V neposlední řadě představují takovéto vodní objekty prvek zvyšující ekologickou stabilitu v krajině. Z dalších výhod lze jmenovat možnost zachycení plavenin a splavenin, regulace teploty vody, zlepšení jakosti vody, atd.



Obr. 47: Roklanská klauza, v pozadí Roklanská hájenka z roku 1937 (foto: Martin Čejka)

Nejúčinnějším řešením je vybudování suchých poldrů. Poldr je zvláštním druhem MVN, který můžeme rozdělit na jednoúčelový nebo víceúčelový. Jednoúčelový poldr je pouze hydrotechnické zařízení, které nemá nic společného s revitalizací, a jeho účinnost je v dnešní době zpochybňována. Za mnohem příznivější je pokládán víceúčelový polosuchý poldr, který má částečné nadržení vody. Vedle stálého částečného nadržení jsou zde mokřady, tůně, zatravněné plochy, a jiné stromy a keře, takže poldr dokonale splývá s přírodou. Z krajinářského i technicko-bezpečnostního hlediska jsou lepší hráze nízké s mírným sklonem. Příklad víceúčelového poldru s částečným nadržением je uveden na obrázku (Just a kol., 2003). V přímořských státech (např. severní Německo, Nizozemí) označuje pojem poldr zcela něco jiného, tady je poldr nížinné území, které je chráněno hrázemi před zaplavením.

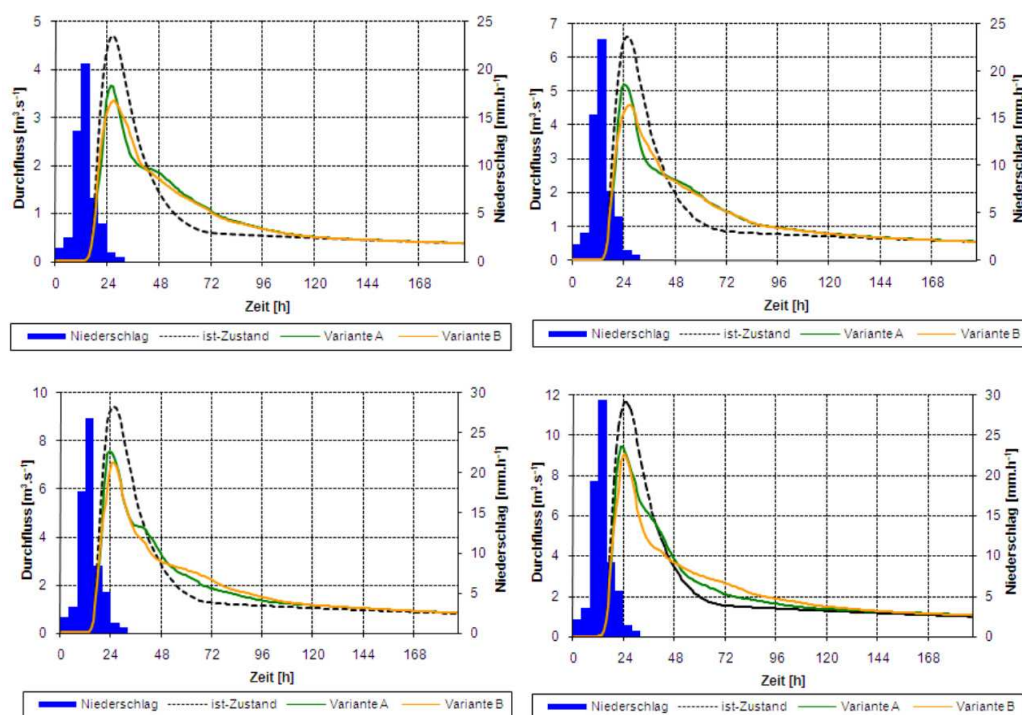


Obr. 48: Víceúčelový polder (zdroj: Just, 2005)

Na obrázku je znázorněn vodní tok, tůň, mokřady, zatravněné oblasti, dále ochranný prostor a hráz. Za běžné situace hráz neovlivňuje vodní tok. Při zvýšeném průtoku se nádrž začíná plnit vodou – plní svůj retenční prostor, a poté je spodní výpustí vypouštěna až do fáze, kdy hladina je na úrovni výpusti. Celý polder musí být stabilní a musí odpovídat technicko-bezpečnostním požadavkům (Ševčíková, 2009). V případě, že polder nevyhovuje bezpečnostním požadavkům, hrozí protržení a akumulovaná voda představuje ještě větší riziko nebezpečí. Někteří odborníci jsou k výstavbě polderů kritičtí, a vyžadují tak stálý dohled v případě plnění polderu (Just a kol., 2003). V průběhu roku, kdy je vodní stav na toku normální, může být polder využit také k hospodářským účelům, např. jako pastvina (Just, 2005). Na území NP Šumava však další využití nepřipadá v úvahu díky zonaci. Možností by mohla být varianta výskytu mokřadu v polderu, obr. 48. Mokřad totiž není v rozporu s vodohospodářskou funkcí polderu, jak uvádí Just a kol. (2003). Významně může přispět ke zvýšení ekologické stability v krajině.

Jedním z projektů zabývajících se touto problematikou je česko-německý projekt INTERREG III A "DINGHO – Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges". Na projektu spolupracovala KFGG PŘF UK v Praze s Freie Universität Berlin a součástí bylo i modelování vlivu MVN na vodní režim toků při povodních v povodí Chomutovky. Jeníček (2008) vytipoval 3 vhodná místa, kde byly vyměřeny možné objemy a byla použita modelace průchodu povodňové vlny v modelu

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System). Výsledky jednoznačně ukázaly účinnost poldrů (Jeníček, 2009). Na obrázku 49 jsou znázorněny grafy jednotlivých situací při různě velkých srážkách. Z grafů vyplývá zpomalení povodňové vlny.

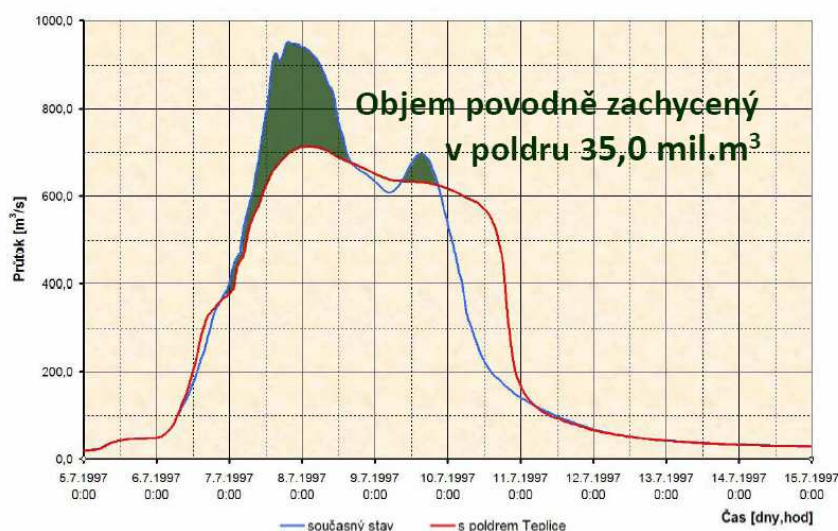


obr. 49: Modelování vlivu malých vodních nádrží na odtokový proces při různě velkých srážkách (zdroj: Schulte et al., 2009)

Dalším projektem je "Ochrana před povodněmi v Bavorsku". Projekt vznikl na základě povodňových katastrof v roce 2002, dodatečně byl ještě vypracován a připojen projekt "Akční program 2020 pro oblast Dunaje a Mohanu". Tento program vypracovala bavorská vláda. Cílem je vybudovat řízené poldry, které zabrání zaplavení rozsáhlého území. V Bavorsku bylo vytipováno 7 oblastí, a počítá se, že do roku 2020 by měly být vybudované poldry, které by mohly zadržet více než 30 mil m³.

Z českých projektů lze jmenovat projekt "Protipovodňové opatření na řece Bečvě – suchá nádrž Teplice", který se začal realizovat v roce 1999. Po devastujících povodních v roce 1997 Povodí Moravy společně s Olomouckým krajem dospěly k závěru nutnosti vybudovat protipovodňovou ochranu. Z provedených studií byla vybrána varianta Poldr Teplice + lokální opatření. Tato oblast patří k extrémně vlhkým

oblastem v ČR a není zde žádná nádrž, která by napomohla ke zpomalení povodňové vlny (Povodí Moravy, 1999). Na obrázku 50 je vidět jak velký objem by mohl retenční prostor poldru zachytit v případě povodňové vlny v roce 1997. Účinnost poldru je evidentní.



obr. 50: Povodňová vlna v roce 1997 a transformovaná vlna v případě výskytu poldru (zdroj: www.zamrsky.cz)

3.4.2.1 Případová studie Rokytecké nádrže

Jako příhodné lokality pro využití potenciálních retenčních prostor se jeví právě původní napájecí součásti Vchynicko-tetovského plavebního kanálu, tedy akumulární nádrže, které se používaly pro plavení dřeva v 19. století (lidově klauzy, švele). Jelikož se jedná o objekty, u nichž je relativně dobře zachované těleso hráze, můžeme s velkou přesností zjistit zásobní objem. V rámci tab. 10 jsou prezentovány i odhady jejich objemů vody dle Běla, Bartáka, Ettlera (2001). Na základě současných dat z vyměřování potenciálního objemu akumulčních prostor lze usoudit, že byly do značné míry nepřesné. Tyto nádrže by mohly plnit funkce jako je zlepšení odtokové křivky během jarního tání sněhové pokrývky či přívalových dešťů, zlepšení regulačních podmínek během suchých měsíců ve Vydře a plavebním kanálu, popř. regulace kyselosti i teploty vody v níže položených úsecích v zimním období (Kocum, 2010).

Tab. 10: Potenciální objem vody v nádržích (zdroj: Běl a kol., 2001)

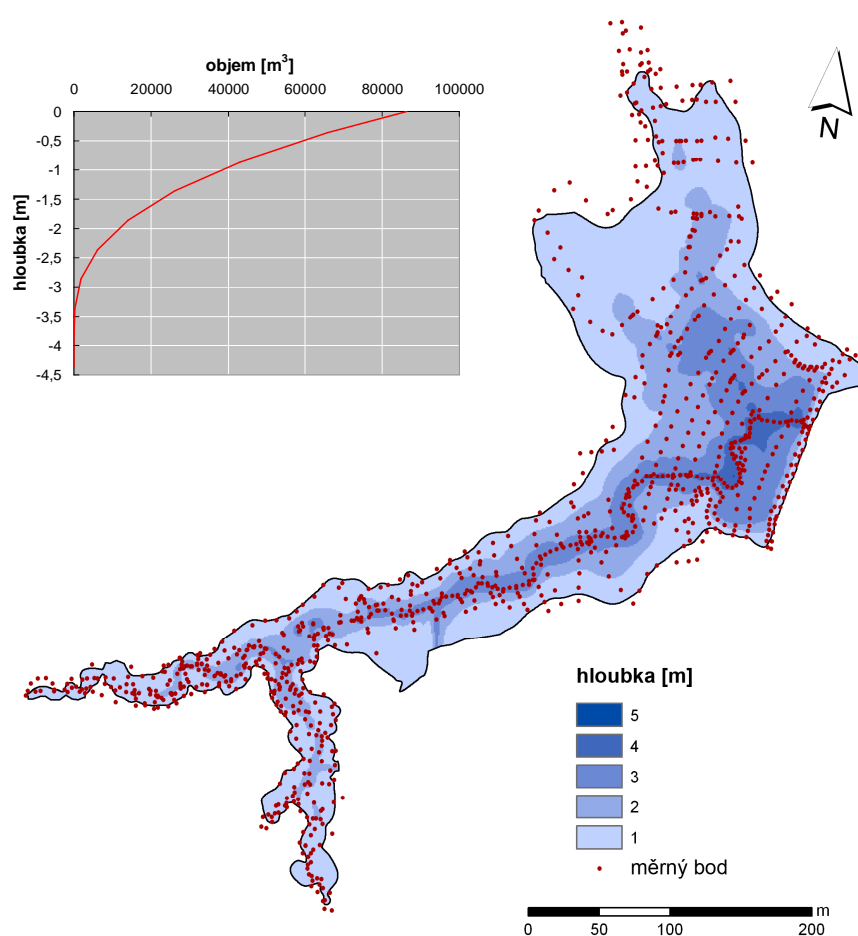
název	objem v m³
Javoří	16 000
Rokytká	18 000
Roklanská	14 000
Novohuťská	15 000
Studená	3 000
Březník	21 000
Ptačí	1 000
Černoorská	22 000

Jako případová studie pro posouzení vhodnosti realizace a využití bývalé akumulační nádrže byla vybrána lokalita Rokytká u Rokyteckých slatí, kde bylo totální geodetickou stanicí zaměřeno celkem 1118 bodů ($56 \text{ m}^2/\text{bod}$; obr. 51). Vypočtené hodnoty maximální potenciální plochy, resp. objemu činí $62\,796 \text{ m}^2$, resp. $86\,391 \text{ m}^3$. Reálné hodnoty s využitím bezpečnostního prostoru (s hladinou cca 0,5 m pod korunou hráze) se samozřejmě pohybují na poněkud nižší úrovni ($52\,229 \text{ m}^2$, resp. $65\,878 \text{ m}^3$; tj. rozdíl oproti údajům Běla, Bartáka, Ettlera (2001) o 266 %). I přesto lze však vyhodnotit získané údaje jako vysoce příznivé z hlediska eventuálního množství zadržené vody. Navíc lze porovnáním dosažených výsledků s odpovídajícími staršími údaji předpokládat analogické rozdíly i v případě ostatních nádrží. Např. při výšce hladiny 3,5 m u hráze Roklanské klauzy lokalizované v horní části stejnojmenného potoka byl interpolační metodou Kriging určen potenciální objem cca $24\,000 \text{ m}^3$. Při porovnání s údaji Běla, Bartáka, Ettlera (2001) se jedná o 71 % vyšší hodnotu objemu. Na základě takto získaných dat lze předběžně konstatovat, že účinnost těchto opatření by nebyla zdaleka zanedbatelná (Kocum a Janský, 2009).

Díky takto zjištěným objemově-odtokovým charakteristikám lze navíc dostatečně přesně vymodelovat dobu odtoku, vlivu na transformaci vlny, časové zdržení při regulovaném či neregulovaném využití zásobního objemu, atd. Systém propustků v tělese hráze by dokázal optimálně odpouštět nadržanou vodu v závislosti na aktuální odtokové situaci (Kocum, 2010). Takováto nádrž by mohla plnit funkci suchého poldru (Just, 2005). Za normální situace hráz nádrže neovlivňuje (pokud to

není účelem) vodní tok. Při větších průtocích, které již přesahují kapacitu spodní výpusti, se začíná plnit retenční prostor. Pokud epizoda zvýšených průtoků trvá a retenční prostor je vyčerpán, dosáhne hladina bezpečnostního přelivu, který brání překročení kapacity nádrže. Po opadnutí povodňové vlny voda z nádrže pomalu vytéká spodní výpustí až do dosažení původního stavu.

Otázkou je účinnost obnovených akumulčních či nově vytvořených retenčních nádrží. K vyřešení tohoto problému slouží široké možnosti hydrologického modelování s využitím vhodných modelovacích technik (viz obr. 49).



Obr. 51: Batymetrická mapa s distribucí měrných bodů a volumetrická křivka potenciální retenční nádrže v lokalitě Rokytecké slatě (zdroj: Kocum a Janský, 2009)

4 DISKUZE A ZÁVĚR

Předložená práce byla zpracována převážně jako detailní rešerše literatury, která se zabývá malými vodními nádržemi. Byly popsány jejich funkce, dále jejich vodohospodářské i technické řešení. Tyto nádrže jsou neodmyslitelnou součástí naší krajiny, ať již z hlediska estetického, tak funkčního. Zajišťují ekologickou stabilitu v krajině, což je pro životní prostředí velice důležité. Nesmí se však zapomínat na údržbu těchto nádrží. Efektivní nádrže představují pouze vodní objekty, které jsou správně udržované. Zanedbané a neudržované nádrže mnohdy přírodě spíše škodí, než aby jí napomáhaly. Výrazným příkladem toho je současný významný problém zanášení nádrží sedimenty. Určité procento zanesení je únosné, ovšem při nadměrném zanášení dochází ke zmenšení zásobního prostoru a nádrž tak ztrácí účely, pro které byla vybudována. Důsledkem toho je také zhoršená kvalita vody v neudržovaných nádržích. Finanční prostředky mnohdy vlastníkům či správcům nádrží na jejich údržbu chybí, a proto jsou nádrže ve většině případů v nevhodném stavu.

Nabízí se otázka jak vyřešit tento problém. Mezi aktuální témata, která jsou v poslední době řešena, patří výstavba nových či rekonstrukce stávajících nádrží se samočisticím účinkem. Toto opatření ovšem řeší problém v blízkosti obcí, kdy je do těchto nádrží sváděna odpadní voda. Co však s nádržemi, které jsou neudržované a na jejich rekonstrukci jsou potřeba velké finanční prostředky? To je téma k zamyšlení.

Ve druhé části práce, která je lokalizována do pramenné oblasti Vydry, je řešena otázka historického využití a možné obnovy bývalých akumulčních a retenčních nádrží v povodích Roklanského a Modravského potoka jako jedno z možných řešení zvýšení retenční schopnosti v krajině. V minulosti byly v této oblasti vybudovány nádrže především pro účely nadržování vody (akumulační nádrže) ve spojení s jejich funkcí nadlepšování průtoků při plavení dřeva v jarních měsících. V průběhu 20. století bylo od tohoto způsobu dopravy dřeva upuštěno, nádrže se přestaly udržovat a postupně zchátraly. Dnes je veliký zájem na tom, aby nádrže byly obnoveny a fungovaly nejen pro zajištění ekologické stability prostředí, ale především jako ochranné nádrže v protipovodňových opatřeních či akumulční nádrže pro nadlepšování odtoku během suchých period. Je zřejmé, že plná protipovodňová ochrana není možná a že nelze

v případě extrémních epizod zachytit celou povodňovou vlnu. Využití by spočívalo v zadržení určité části objemu povodně a tedy prodloužení doby na přípravu v dolních úsecích toků. Na druhou stranu by systém takovýchto opatření dokázal do značné míry působit pozitivně při vyrovnávání odtoku, resp. při navýšení minimálních odtoků během suchých period. Využití těchto akumulačních nádrží skýtá ovšem i další funkce, např. nadržení vody pro účely protipožární, atd. Značným problémem v realizaci opatření tohoto druhu, byť se jedná o opatření ekologicky nenásilná, je existence Národního parku Šumava v zájmovém území, a to v I. a převážně ve II. ochranné zóně. Nacházejí se zde nejceněnější ekosystémy téměř nedotčené člověkem. Proto není snaha o obnovu nádrží nejlépe v podobě suchých poldrů v této oblasti vůbec jednoduchá. Proti sobě stojí dvě rozhodnutí. Prvním z nich je vybudovat nádrže se zásahem člověka do nenarušené krajiny a výrazně tak snížit riziko škod, které by mohla způsobit možná povodňová vlna. Druhé rozhodnutí spočívá v ponechání zdejší přírody bez zásahu člověka související s akceptací většího rizika negativních důsledků povodňových situací. Následky by mohly být mnohonásobně vyšší než v prvním případě. Efektivnost realizace systému nádrží je ale předmětem dalšího výzkumu v oblasti matematického modelování a je možné ji simulovat aplikací komplexního systému vhodných hydrologických modelů. Na základě získaných dat a dílčích výsledků lze předběžně konstatovat, že účinnost těchto opatření by nemusela být zdaleka zanedbatelná. Z hlediska minimálního odtoku je ovšem rozhodnutí o využitelnosti těchto nádrží jednoznačné. Implementace systému takovýchto opatření je v těchto obdobích naprosto žádoucí, a to především vzhledem k budoucím scénářům vývoje klimatu. Z výše uvedeného vyplývá, že je v současné době nutné vést kvalifikovanou diskuzi na toto téma a je třeba si uvědomit, že povodeň je přirozený jev, kterému nelze v plné míře zabránit. Možné však je tomuto jevu předcházet a zmírnit tak nebezpečí a následky škod.

Antropogenní zásahy v povodí Vydry související s existencí systému klauz a s využitím možných retenčních nádrží především v povodí Roklanského potoka mohou představovat pozitivní opatření i vzhledem k přetrvávající existenci vodního díla Vydra, zapříčiňujícího dlouhodobý výskyt minimálních hodnot průtoků a prudký nárůst rozkolísanosti odtokového režimu v úseku pod odběrným objektem Rechle.

Implementace nenásilných opatření pro zvyšování retenční schopnosti krajiny, jako je například využití potenciálních akumulčních a retenčních prostor v povodí, by mohla významně přispívat k redukci kulminačních průtoků během povodňových událostí a k zadržení dostatečného množství vody pro eventuální suché epizody. Aktuálnost tohoto tématu je spojena se současnými klimatickými změnami a s nimi související intenzifikací výskytu meteorologických a hydrologických extrémů v podmínkách Česka (Kocum, 2010).

Do budoucna by měl výzkum modelování efektivnosti systému nádrží v rámci protipovodňové ochrany a řešení problému hydrologického sucha pokračovat, a to jak ve všech lokalitách bývalých nádrží, tak i v nově navržených lokalitách vázaných na vhodnou konfiguraci reliéfu krajiny v povodí Vydry, především v povodí Roklanského potoka. Vyměřené lokality by měli sloužit jako referenční lokality pro porovnání účinnosti zdejších nádrží s nádržemi v oblastech mimo území NP Šumava.

5 SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

5.1 Seznam literatury

ANDĚRA, M., ZAVŘEL, P. (2003): Šumava. Nakladatelství Miloš Uhlíř – BASET Praha, 800 s.

BĚL, J., BARTÁK, J., ETTLER, Z. (2001): Plavení dříví na střední Šumavě: 200 let Vchynicko-Tetovského plavebního kanálu. Západočeská energetika, a.s., 200 s.

ČERNÝ, D., ZAHÁLKOVÁ, H. (2009): Historie lesů v okolí Weitfällerských slatí. In Černý, D. a Dvořák, L. (Eds.): *Weitfällerské slatě. Sborník referátů ze semináře 21.1.2009*. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, s.82-93 . ISBN 978-80-87257-00-5, ISSN 1803-4470

ČESÁK, J., ŠOBR, M., JENÍČEK, M., KOCUM, J., NĚMEČKOVÁ, S. (2008): Geodetická měření pro sestavení hydrologických modelů. In Langhammer, J. (Ed.): *Závěrečná zpráva z projektu VaV SM/2/57/05*. PŘF UK v Praze a MŽP ČR, Praha.

ČURDA, J. (2009): Odtokový režim v pramenné oblasti Vydry se zaměřením na hodnocení povodňových epizod. *Magisterská práce*. PŘF UK v Praze, Praha, 149 s.

FERRARA, R. A., BUBINGER, H., EBERTS, T. (1981): Hydraulic modeling for waste stabilization ponds. *Journ. of the Enviroment. Engng.*, 107, č 4, 817-830s.

GERGEL, J. (1986): Ochrana krajinného prostředí pomocí malých vodních nádrží a zásady pro jejich zřizování a provoz. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství Praha, 44 s.

GERGEL, J. (1992): Ochrana krajinného prostředí pomocí malých vodních nádrží. Metodika 10/1992. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 32 s.

GERGEL, J. a kol. (1995): Těžba a využití sedimentů z malých vodních nádrží. Metodika 18/1995. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 24 s.

GERGEL, J., HUSÁK, Š. (1997): Revitalizace vodních nádrží. Metodika 22/1997. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 56 s.

HERINK, J., KASTNER, J. (2000): Školní atlas České republiky. Kartografie Praha a.s., 32s.

HÜTTE, M. (2000): Ökologie und Wasserbau. Parey Buchverlag Berlin, 280 s.

CHÁBERA, S. a kol. (1984): Příroda na Šumavě. Jihočeské nakladatelství České Budějovice 1987, 182 s.

JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2008): Peat bogs influence on runoff process: case study of the Vydra and Křemelná River basins in the Šumava Mountains, southwestern Czechia. *Geografie - Sborník ČGS*, 113, 4, Praha, pp. 383-399. ISSN 1212-0014

JENÍČEK, M. (2008): Modelling the effect of small reservoirs on flood regime in the Chomutovka river basin. In Brilly, M. a Šraj, M. (Eds.): XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 2.-4. June 2008 [CD-ROM]. Ljubljana.

JENÍČEK, M. (2009): Der Einfluss des dezentralen Hochwasserachutzes auf das Abflussregime der oberen Chomutovka. In Schulte, A., Roch, I., Janský, B. (Eds.): Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserachutzes im Mittleren Erzgebirge, Berliner Geographische Abhandlungen, Berlin (v tisku).

JUST, T. a kol. (2003): Revitalizace vodního prostředí. AOPK ČR, Praha, 2003, 144 s.

JUST, T. a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. 3.ZO ČSOP Hořovicko ve spolupráci se společností Ekologické služby s.r.o., AOPK ČR a MŽP ČR, Praha 2005, 359 s.

JŮVA, J., HRABAL, A., PUSTĚJOVSKÝ, R. (1980): Malé vodní nádrže. SZN Praha, 280 s.

KOCUM, J. (2010): Retenční potenciál v pramenných oblastech řek jako nástroj integrované protipovodňové ochrany a řešení problému sucha. *Závěrečná zpráva z projektu GA UK 2371/2007*. PŘF UK v Praze, Praha, 64 s.

KOCUM, J., JANSKÝ, B. (2009): Retence vody v pramenných oblastech Vydry a Křemelné – případová studie povodí Rokytky. In Černý, D. a Dvořák, L. (Eds.): *Weitfällerské slatě. Sborník referátů ze semináře 21.1.2009*. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, s. 26-48. ISBN 978-80-87257-00-5, ISSN 1803-4470

KUBÍKOVÁ, A. (2009): Schwarzenberkové a panství Prášily-Dlouhá Ves. In Černý, D. a Dvořák, L. (Eds.): *Weitfällerské slatě. Sborník referátů ze semináře 21.1.2009*. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, s. 24-25. ISBN 978-80-87257-00-5, ISSN 1803-4470

KUNSKÝ, J. (1968): Fyzický Zeměpis Československa. Praha: SPN, 537 s.

SCHULTE, A., ROCH, I., JANSKÝ, B. (2009): Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserachutzes im Mittleren Erzgebirge, Berliner Geographische Abhandlungen, Berlin (v tisku).

SCHULTE, A., BÖLSCHER, J., REINHARDT, CH., RAMELOW, M., WENZEL, R. (2009): Potentiale des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge – Ergebnisse der Modellierungen mit NASIM und WaSiM-ETH. –Korrespondenz Wasserwirtschaft 3/09: 151-158 s.

ŠÁLEK, J. (1996): Malé vodní nádrže v životním prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 144 s.

ŠÁLEK, J. (1999): Malé vodní nádrže v zemědělské krajině. Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 72 s.

ŠÁLEK, J., MIKA, Z., TRESOVÁ, A. (1989): Rybníky a účelové nádrže, SNTL Praha.

ŠEVČÍKOVÁ, L. (2009): Antropogenní ovlivnění odtokového režimu v povodí Vydry. *Magisterská práce*. PŘF UK v Praze, Praha, 96 s.

VRÁNA, K. (2002): Rybníky a účelové nádrže. Příklady. České vysoké učení technické Praha, 92 s.

VRÁNA, K., BERAN, J. (1998): Rybníky a účelové nádrže. České vysoké učení technické Praha, 150s.

ZÁLOHA, J. (1984): Šumava od A do Z. Jihočeské nakladatelství České Budějovice, 226 s.

5.2 Seznam použitých zdrojů

mapové zdroje:

CENIA – Česká informační agentura životního prostředí. Data dostupná online z [www: <www.geoportal.cenia.cz>](http://www.geoportal.cenia.cz) v období červenec-srpen 2010.

Portál Geologické a geovědní mapy. Data dostupná online z [www: <www.geologicke-mapy.cz>](http://www.geologicke-mapy.cz) v období červenec-srpen 2010.

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. Datové vrstvy online dostupné z [www: <www.dibavod.cz>](http://www.dibavod.cz) v období červenec.

I.mapa tajemných míst. Šumava. Mapcentrum s.r.o., České Budějovice 2005.

archiválie ze Státního oblastního archivu Třeboň, pracoviště Český Krumlov

elektronické zdroje:

DVOŘÁK, A. (2010): Horopis - Šumavské pláně. [cit.2010-08-10]. Dostupné z www: <<http://www.orso.cz/dvorak/unlipno.html>>

Geocaching. [cit. 2010-08-15]. Dostupné z www: <<http://www.geocaching.cz/index.php?l=cz&p=24&r=0>>

Geosan Brno. [cit. 2010-08-15]. Dostupné z www: <<http://www.geosan.cz/c/parametr-cerpaci-zkousky-odvodneni/odstran-ni-zeleza-a-manganu.htm>>

KŘENOVÁ, Z. (2008): Národní park Šumava. In Ochrana přírody 6/2008. [cit. 2010-07-28]. Dostupné z www: <<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/Z-nasi-prirody/narodni-park-sumava.html>>.

Naučná stezka Povydrří. [cit. 2010-08-15]. Dostupné z www: <<http://www.naucnoustezkou.cz/naucna-stezka-povydri>>

Obnova, rekonstrukce nebo výstavba malých vodních nádrží. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. [cit.2010-07-25]. Dostupné z www: <<http://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/obnova-rekonstrukce-nebo-vystavba-malych-vodnich-nadrzi.html>>

Ochrana před povodněmi. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. [cit.2010-07-25]. <<http://www.praha.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=3552>>

Ochrana před povodněmi v Bavorsku. Poldry. [cit.2010-08-12]. Dostupné z www: <<http://ekopolitika.cz/cs/publikace/publikace-uep/ochrana-pred-povodnemi-v-bavorsku-poldry/view-2.html>>

Poldr Lubník. [cit. 2010-08-15]. Dostupné z www: <<http://eagri.cz/public/eagri/pozemkove-urady/soutez-o-nejlepsi-realizovane-spolecne>>

Povodí Ohře. [cit. 2010-08-15]. Dostupné z www:

<<http://www.poh.cz/vd/stanovice.htm>>

Protipovodňové opatření na řece Bečvě – suchá nádrž Teplice. [cit. 2010-08-24].

Dostupné z www: <<http://www.zamrsky.cz/file.php?nid=2578&oid=1064163>>

Server Příroda. Dostupné z <<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1172>>

Správa NP a CHKO Šumava. Klima. [cit. 2010-08-07]. Dostupné z www:

<<http://www.npsumava.cz/1008/sekce/priroda-a-pece-o-ni>>

ŠEFRNA, L. (2004): Pedologická charakteristika povodí Otavy ve vztahu k povodním. In Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03 [online]. [cit. 2010-08-25], s. 196-212. Dostupný z WWW: <http://hydro.natur.cuni.cz/zmeny_povodni/html/cd_obsah.html>.

VRÁNA, K. (2004): Malé vodní nádrže – součást revitalizace krajiny. Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů. [cit. 2010-07-13]. Dostupné z www:

<http://www.cski.krajinari.com/archiv/seminar_mvn_06.pdf>

další zdroje:

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

Zákon o vodách (Vodní zákon) č. 254/2001 Sb.

6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

6.1 Seznam obrázků

- obr. 1: Nová řeka
- obr. 2: Třeboňská rybníční pánev
- obr. 3: Akumulační nádrž
- obr. 4: Retenční nádrž a suchý poldr Lubník
- obr. 5: Biologický rybník
- obr. 6: Nádrž k odchovu drůbeže
- obr. 7: Asanační nádrž
- obr. 8: Odkaliště
- obr. 9: Okrasné jezírko
- obr. 10: Nádrž na ochranu bioty
- obr. 11: Průtočná nádrž
- obr. 12: Neprůtočná nádrž obtoková
- obr. 13: Neprůtočná nádrž boční
- obr. 14: Vertikální profil nádrže
- obr. 15: Nomogram
- obr. 16: Průměrný roční výpar pro ČR
- obr. 17: Hráze čelní
- obr. 18: Hráz boční
- obr. 19: Hráz obvodová
- obr. 20: Hráze podle půdorysného uspořádání
- obr. 21: Stavidlová výpust
- obr. 22: Uspořádání jednoduché stavidlové výpusti
- obr. 23: Přívodní zařízení – náhon
- obr. 24: Kašnový přeliv
- obr. 25: Boční přeliv
- obr. 26: Schéma odvodnění dna nádrže
- obr. 27: Odbahnění nádrže
- obr. 28: Boubínské jezírko
- obr. 29: Vydra
- obr. 30: Mapa vymezení území
- obr. 31: Kamenné moře v Povydrí
- obr. 32: Geologická mapa
- obr. 33: Mapa geomorfologického členění
- obr. 34: Mapa výškové členitosti reliéfu
- obr. 35: Mapa rozložení průměrné roční teploty
- obr. 36: Mapa rozložení srážek
- obr. 37: Mapa vodstva v zájmovém území
- obr. 38: Mapa stanic ČHMÚ a PŘF UK monitorujících hydro-klimatické jevy v povodí
 Vydry po závěrový profil Vydra-Modrava
- obr. 39: Mapa hlavních typů půd v zájmovém území
- obr. 40: Mapa zonace parku
- obr. 41: Mapa bývalých nádrží

- obr. 42: Hráz bývalé akumulační nádrže pro plavení dřeva a hladinoměrné zařízení v lokalitě Roklanská hájenka
- obr. 43: Plavení dříví
- obr. 44: Josef Rosenauer
- obr. 45: Stahování dříví na saních
- obr. 46: Roklanský potok
- obr. 47: Roklanská klauza, v pozadí Roklanská hájenka z roku 1937
- obr. 48: Víceúčelový poldr
- obr. 49: Modelování vlivu malých vodních nádrží na odtokový proces při různě velkých srážkách
- obr. 50: Povodňová vlna v roce 1997 a transformovaná vlna v případě výskytu poldru
- obr. 51: Batymetrická mapa s distribucí měrných bodů a volumetrická křivka potenciální retenční nádrže v lokalitě Rokytecké slatě

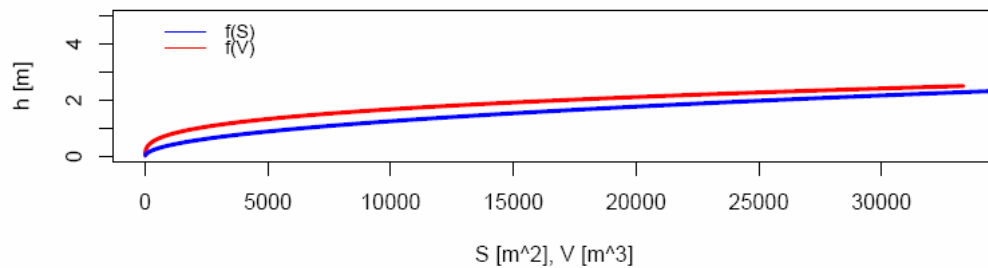
6.2 Seznam tabulek

- tab. 1: Největší MVN na území Česka
- tab. 2: Hodnoty výparu za jednotlivé měsíce
- tab. 3: Opravný součinitel
- tab. 4: Pórovitost pro jednotlivé půdní druhy
- tab. 5: Relativní objemový ukazatel a morfologické vlastnosti
- tab. 6: Přehled revitalizačních opatření
- tab. 7: Geomorfologické členění ČR – Hercynský systém
- tab. 8: Geomorfologické členění ČR - Šumavská soustava
- tab. 9: Geomorfologické členění ČR – celek Šumava
- tab. 10: Potenciální objem vody v nádržích

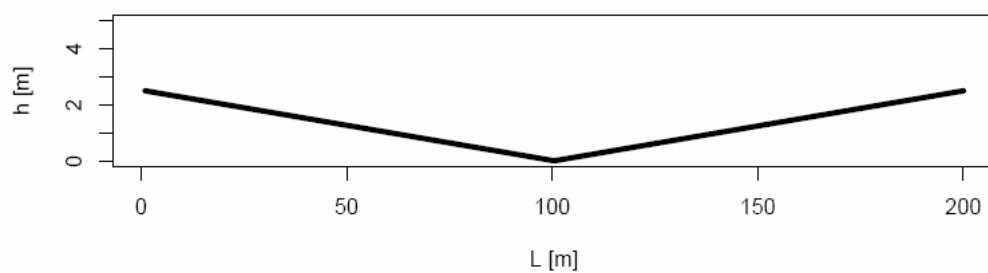
7 PŘÍLOHY

příloha 1: Příklady batygrafických křivek s různým řezem nádrže (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

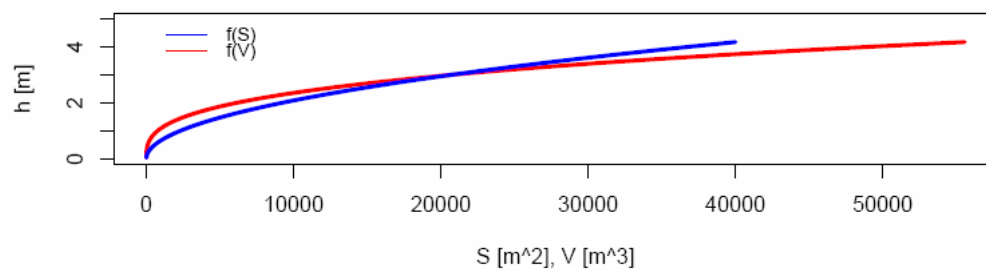
Charakteristické čáry, $h_s [m] = 0.83 \text{ m}$



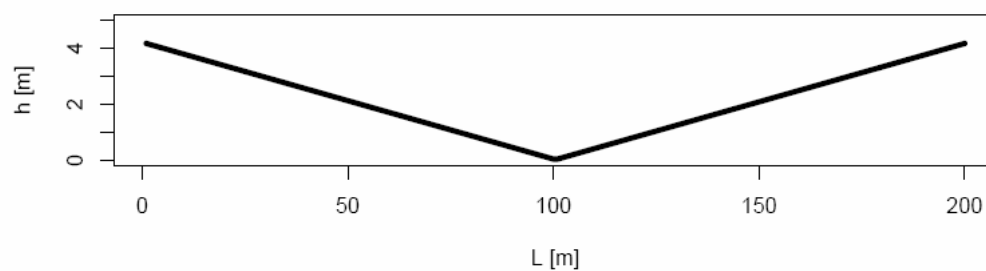
Řez nádrží



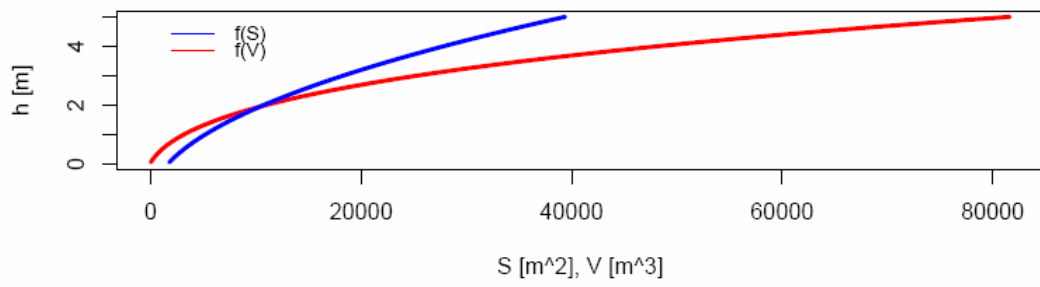
Charakteristické čáry, $h_s [m] = 1.39 \text{ m}$



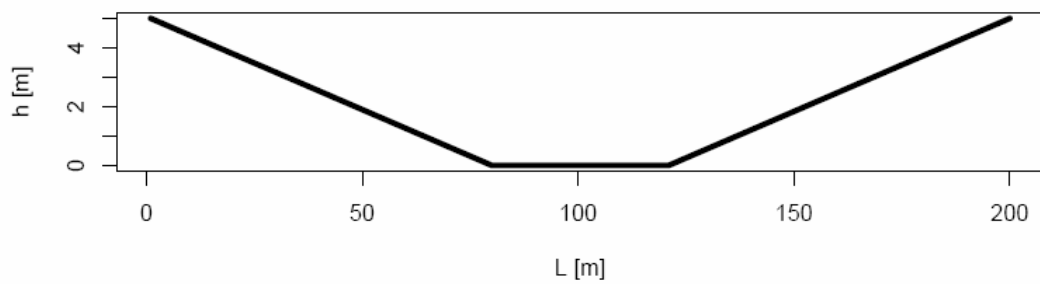
Řez nádrží



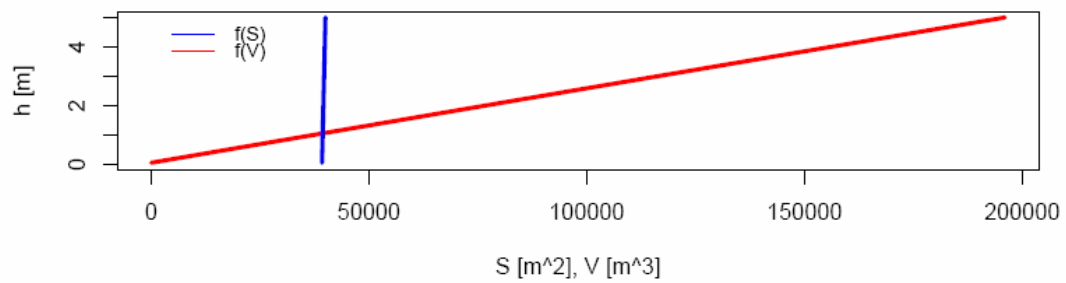
Charakteristické čáry, $h_s = 2.07 \text{ m}$



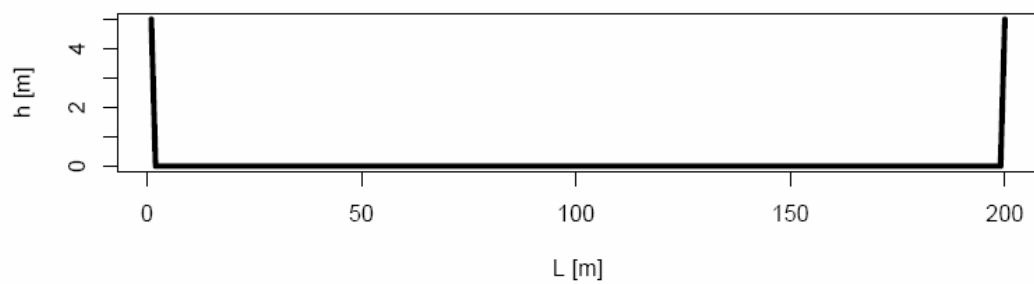
Řez nádrží



Charakteristické čáry, $h_s = 4.9 \text{ m}$



Řez nádrží

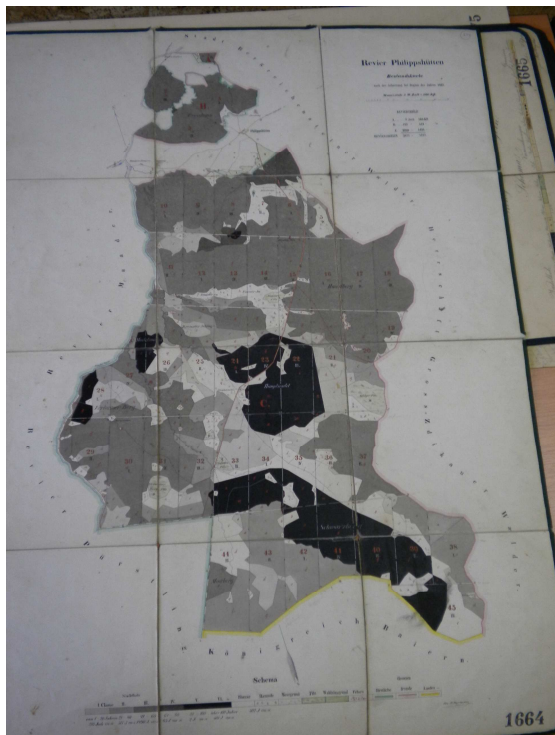


příloha 2: Klasifikace zemin pro stavbu hrází (zdroj: Beran a Vrána, 1998)

Název zeminy	Skupina	Třída	Obsah frakce < 0,06 mm (%)	Diagram plasticity
Štěrkovité zeminy				
štěrk dobře zrněný	GW	G1	< 5	-
štěrk špatně zrněný	GP	G2	< 5	-
štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy	G-F	G3	5 - 15	-
štěrk hlinitý	GM	G4	15 - 35	pod čarou A
štěrk jílovitý	GC	G5	15 - 35	nad čarou A

Písčité zeminy				
písek dobře zrněný	SW	S1	5	-
písek špatně zrněný	SP	S2	5	-
písek s příměsí jemnozrnné zeminy	S-F	S3	5 - 15	-
písek hlinitý	SM	S4	15 - 35	pod čarou A
písek jílovitý	SC	S5	15 - 35	nad čarou A
Jemnozrnné zeminy				
hlína štěrkovitá	MG	F1	35 - 65	pod čarou A
jíl štěrkovitý	CG	F2	35 - 65	nad čarou A
hlína písčitá	MS	F3	35 - 65	pod čarou A
jíl písčitý	CS	F4	35 - 65	nad čarou A
hlína s nízkou plasticitou	ML	F5	> 65	pod čarou A
hlína se střední plasticitou	MI	F5	> 65	pod čarou A
jíl s nízkou plasticitou	CL	F6	> 65	nad čarou A
jíl se střední plasticitou	CI	F6	> 65	nad čarou A
hlína s vysokou plasticitou	MH	F7	> 65	pod čarou A
hlína s velmi vysokou plasticitou	MV	F7	> 65	pod čarou A
hlína s extrémně vysokou plasticitou	ME	F7	> 65	pod čarou A
jíl s vysokou plasticitou	CH	F8	> 65	nad čarou A
jíl s velmi vysokou plasticitou	CV	F8	> 65	nad čarou A
jíl s extrémně vysokou plasticitou	CE	F8	> 65	nad čarou A

příloha 3: Porostní mapy polesí s detailem na retenční nádrž



revír Phillipshütte z roku 1863



revír Phillipshütte z roku 1863 s detailem na Ptačí nádrž označenou písmenem r, a na Černohorskou nádrž (Hauptschwelle) označenou písmenem s



revír Mader z roku 1883



revír Mader z roku 1883, detail na Studenou nádrž označenou písmenem n



revír Pürstling z roku 1893



revír Pürstling z roku 1893, detail na Roklanskou nádrž (Rachel-Schwel) označenou písmenem h



revír Pürstling z roku 1893, detail na Březnickou nádrž označenou písmenem e



revír Neubrunn z přelomu let 1901-1902



revír Neubrunn z přelomu let 1901-1902, detail na Javoří nádrž označenou písmenem p



revír Weitfäller z přelomu let 1911-1912



revír Weitfäller z přelomu let 1911-1912, detail na nádrž Rokytka (Schwelle) označenou písmenem q